COMPTES RENDUS

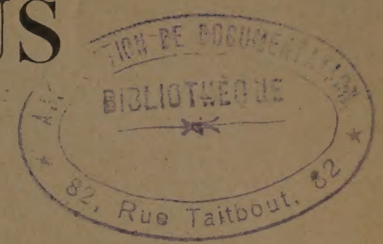
HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS



HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX CENT-DOUZIÈME.

JANVIER — JUIN **1941**.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1941

ÉTAT DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AU 1er JANVIER 1941

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

Section Ire. — *Géométrie.*

Messieurs :

HADAMARD (*Jacques*-Salomon), C. ✻.
BOREL (Félix-Édouard-Justin-*Émile*), C. ✻, ✠.
LEBESGUE (*Henri*-Léon), O. ✻.
CARTAN (*Élie*-Joseph), C. ✻.
JULIA (*Gaston*-Maurice), C. ✻, ✠.
MONTEL (*Paul*-Antoine), O. ✻.

Section II. — *Mécanique.*

DRACH (*Jules*), O. ✻.
JOUGUET (Jacques-Charles-*Émile*), C. ✻.
VILLAT (*Henri*-René-Pierre), O. ✻.
BROGLIE (*Louis*-Victor-Pierre-Raymond, prince DE), O. ✻.
CAQUOT (*Albert*-Irénée), G. O. ✻, ✠.
....

Section III. — *Astronomie.*

DESLANDRES (*Henri*-Alexandre), C. ✻.
ESCLANGON (*Ernest*-Benjamin), O. ✻.
MAURAIN (*Charles*), C. ✻.
FAYET (*Gaston*-Jules), ✻.
CHAZY (*Jean*-François), ✻, ✠.
LYOT (*Bernard*-Ferdinand).

SECTION IV. — *Géographie et Navigation.*

Messieurs :

BOURGEOIS (Joseph-Émile-*Robert*), G. C. ✱, ✠.
PERRIER (Antoine-François-Jacques-Justin-*Georges*), G. O. ✱, ✠.
TILHO (*Jean*-Auguste-Marie), G. O. ✱, ✠.
DURAND-VIEL (*Georges*-Edmond-Just), G. C. ✱, ✠, ✠.
BARRILLON (*Émile-Georges*), C. ✱.
....

SECTION V. — *Physique générale.*

BRILLOUIN (Louis-*Marcel*), O. ✱.
PERRIN (*Jean*-Baptiste), G. O. ✱.
COTTON (*Aimé*-Auguste), C. ✱.
FABRY (Marie-Paul-Auguste-*Charles*), C. ✱.
LANGEVIN (*Paul*), G. O. ✱.
....

SCIENCES PHYSIQUES.

SECTION VI. — *Chimie.*

BÉHAL (*Auguste*), G. O. ✱.
BERTRAND (*Gabriel*-Émile), C. ✱.
DELÉPINE (Stéphane-*Marcel*), O. ✱.
LESPIEAU (Pierre-Léon-*Robert*), O. ✱.
LEBEAU (*Paul*-Marie-Alfred), O. ✱.
TIFFENEAU (*Marc*-Émile-Pierre-Adolphe), O. ✱.

SECTION VII. — *Minéralogie.*

CAYEUX (*Lucien*), O. ✱.
JACOB (*Charles*-François-Étienne), O. ✱, ✠.
MAUGUIN (*Charles*-Victor), O. ✱.
GRANDJEAN (*François*-Alfred), O. ✱.
MARGERIE (*Emmanuel*-Marie-Pierre-Martin JACQUIN DE), O. ✱.
....

SECTION VIII. — *Botanique.*

Messieurs :

DANGEARD (*Pierre-Augustin*-Clément), O. ✱.
MOLLIARD (*Marin*), C. ✱.
BLARINGHEM (*Louis*-Florimond), O. ✱.
GUILLIERMOND (Marie-Antoine-*Alexandre*), ✱.
CHEVALIER (*Auguste*-Jean-Baptiste), C. ✱.
COLIN (*Henri*-Ernest).

SECTION IX. — *Économie rurale.*

LECLAINCHE (Auguste-Louis-*Emmanuel*), G. O. ✱.
LAPICQUE (*Louis*-Édouard), C. ✱, ✠.
FOSSE (*Richard*-Jules), ✱.
SCHRIBAUX (Pierre-*Émile*-Laurent), C. ✱.
MOUSSU (Auguste-Léopold, dit *Gustave*), O. ✱.
JAVILLIER (Jean-*Maurice*), O. ✱, ✠.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie.*

BOUVIER (*Louis*-Eugène), C. ✱.
MARCHAL (*Paul*-Alfred), C. ✱.
CAULLERY (*Maurice*-Jules-Gaston-Corneille), C. ✱.
PÉREZ (*Charles*), O. ✱.
ROUBAUD (*Émile*-Charles-Camille), O. ✱.
WINTREBERT (*Paul*-Marie-Joseph), ✱.

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie.*

VINCENT (Jean-*Hyacinthe*), G. C. ✱.
ACHARD (Émile-*Charles*), C. ✱.
GOSSET (*Antonin*-Louis-Charles-Sébastien), G. O. ✱, ✠.
FAURE (*Jean-Louis*), C. ✱.
PORTIER (*Paul*), O. ✱.
....

SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

Messieurs :

PICARD (Charles-*Émile*), G. C. ✻, pour les sciences mathématiques.

LACROIX (François-Antoine-*Alfred*), G. O. ✻, pour les sciences physiques.

ACADÉMICIENS LIBRES.

BROGLIE (Louis-César-Victor-*Maurice*, duc DE), O. ✻.
GRAMONT (*Armand*-Antoine-Auguste-Agénor, duc DE), O. ✻.
MARTIN (*Louis*), G. C. ✻.
GUTTON (Antoine-Marie-*Camille*), C. ✻.
DUCLAUX (*Jacques*-Eugène), ✻, ✠.
ROUSSY (*Gustave*), C. ✻.
JOLLY (*Justin*-Marie-Jules), O. ✻.
....
....
....

MEMBRES NON RÉSIDANTS.

SABATIER (*Paul*), G. O. ✻, à Toulouse.
CUÉNOT (*Lucien*-Claude-Jules-Marie), O. ✻, à Nancy.
CAMICHEL (*Charles*-Moïse), O. ✻, à Toulouse.
PICART (Théophile-*Luc*), O. ✻, à Floirac (Gironde).
SERGENT (Étienne-Louis-Marie-*Edmond*), C. ✻, ✠, à Alger.
....

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

CHARPY (Augustin-*Georges*-Albert), O. ✻, à Paris.
LUMIÈRE (*Louis*-Jean), G. C. ✻, à Bandol (Var).
CLAUDE (*Georges*), O. ✻, ✠, à Rueil (Seine-et-Oise).
GUILLET (*Léon*-Alexandre), G. O, ✻, à Paris.
ESNAULT-PELTERIE (*Robert*-Albert-Charles), O. ✻, à Boulogne-sur-Seine.
....

ASSOCIÉS ÉTRANGERS.

Messieurs :

THOMSON (Sir *Joseph* John), à Cambridge (Angleterre).
BORDET (*Jules*-Jean-Baptiste-Vincent), G. C. ✻, à Bruxelles.
WINOGRADSKY (*Serge*), à Brie-Comte-Robert (Seine-et-Marne).
ZEEMAN (*Pieter*), C. ✻, à Amsterdam.
EINSTEIN (*Albert*), à Princeton (New Jersey).
FLEXNER (*Simon*), C. ✻, à New York.
BRAGG (Sir *William* Henry), à Londres.
MORGAN (*Thomas Hunt*), à Pasadena (Californie).
LEVI-CIVITA (*Tullio*), à Rome.
....
....
....

CORRESPONDANTS.

SCIENCES MATHÉMATIQUES.

SECTION Ire. — *Géométrie* (10 + 1).

HILBERT (*David*), à Göttingen.
LA VALLÉE POUSSIN (*Charles*-Jean-Gustave-Nicolas DE), O. ✻, à Louvain.
LARMOR (Sir *Joseph*), à Cambridge (Angleterre).
DICKSON (*Leonard Eugene*), à Chicago.
NÖRLUND (*Niels Erik*), C. ✻, à Copenhague.
BERNSTEIN (*Serge*), à Leningrad.
BIRKHOFF (*George* David), à Cambridge (Massachusetts).
CASTELNUOVO (*Guido*), à Rome.
FABRY (Charles-*Eugène*), ✻, à Saint-Cyr-sur-Mer (Var).
COTTON (*Émile*-Clément), ✻, à Grenoble.
GIRAUD (*Georges*-Julien), à Bonny-sur-Loire (Loiret).

SECTION II. — *Mécanique* (10).

Messieurs :

ROY (*Louis*-Maurice), ✻, à Toulouse.
STODOLA (*Aurel*), à Zurich.
LOVE (*Augustus Edward Hough*), à Oxford.
HAAG (*Jules*), ✻, à Besançon.
THIRY (*René*-Paul-Eugène), ✻, à Marseille.
RIABOUCHINSKY (*Dimitri* Pavlovitch), à Paris.
THULOUP (Émile-Adrien-*Albert*), O. ✻, à Grasse (Alpes-Maritimes).
BOULIGAND (*Georges*-Louis), ✻, à Paris.
ROY (Paul-Mary-Ferdinand-*Maurice*), ✻, à Paris.
TIMOSHENKO (*Stephen*), à Palo Alto (Californie).

SECTION III. — *Astronomie* (10).

FOWLER (*Alfred*), à Londres.
SCHLESINGER (*Frank*), O. ✻, à New Haven (Connecticut).
ADAMS (*Walter Sydney*), à Pasadena (Californie).
BOSLER (*Jean*), ✻, à Marseille.
BERGSTRAND (*Carl Östen* Emanuel), à Upsal.
ROTHÉ (*Edmond*-Ernest-Antoine), O. ✻, à Clermont-Ferrand.
HERTZSPRUNG (*Ejnar*), à Leyde (Pays-Bas).
RUSSELL (*Henry Norris*), à Princeton (New Jersey).
....
....

SECTION IV. — *Géographie et Navigation* (10).

HEDIN (*Sven* Anders), à Stockholm.
BOWIE (*William*), à Washington.
RICHARD (*Jules*), O. ✻, à Monaco.
VANSSAY DE BLAVOUS (*Pierre*-Marie-Joseph-Félix-Antoine DE), C. ✻, ✠, à Monaco.
VENING MEINESZ (*Felix Andries*), à Amersfoort (Pays-Bas).
POISSON (Victor-Marie-Augustin-*Charles*), ✻, ✠, à Tananarive.
KOCH (*Lauge*), O. ✻, à Copenhague.
LEJAY (*Pierre*), ✠, à Zi-Ka-Wei, près Shanghaï.
MARGUET (*Frédéric*-Philippe), C. ✻, à Paris.
....

Section V. — *Physique générale* (10).

Messieurs :

MATHIAS (*Émile*-Ovide-Joseph), O. ✻, à Clermont-Ferrand.
MILLIKAN (*Robert Andrews*), à Pasadena (Californie).
GUYE (*Charles-Eugène*), ✻, à Genève.
TOWNSEND (*John* Sealy), ✻, à Oxford.
CABRERA (*Blas* Juan Jose Secundino), à Madrid.
BUISSON (*Henri*-Auguste), O. ✻, ✠, à Marseille.
CABANNES (*Jean*), ✻, ✠, à Paris.
BOHR (*Niels* Henrik David), O. ✻, à Copenhague.
HAAS (*Wander Johannes* DE), O. ✻, à Leyde (Pays-Bas).
HULUBEI (*Horia*), O. ✻, à Bucarest.

SCIENCES PHYSIQUES.

Section VI. — *Chimie* (10).

WALDEN (*Paul*), à Rostock (Allemagne).
RECOURA (*Albert*), O. ✻, à Grenoble.
HADFIELD (Sir *Robert* Abbott), O. ✻, à Londres.
PASCAL (*Paul*-Victor-Henri), ✻, à Paris.
SWARTS (*Frédéric*-Jean-Edmond), O. ✻, à Gand.
HOLLEMAN (*Arnold Frederik*), ✻, à Bloemendaal (Pays-Bas).
NICLOUX (*Maurice*), O. ✻, à Annecy.
DENIGÈS (*Georges*-Noël-Fort), O. ✻, à Bordeaux.
....
....

Section VII. — *Minéralogie* (10).

BIGOT (*Alexandre*-Pierre-Désiré), O. ✻, à Mathieu (Calvados).
LUGEON (*Maurice*), G. O. ✻, à Lausanne.
VERNADSKY (*Wladimir*), à Moscou.
GIGNOUX (*Maurice*-Irénée-Marie), ✻, à Grenoble.
LERICHE (*Maurice*-Henri-Charles), ✻, à Uccle-Bruxelles.

Messieurs :

LAPPARENT (Marie-*Jacques* COCHON DE), ✻, à Paris.
MRAZEC (*Ludovic*), C. ✻, à Bucarest.
FOURMARIER (*Paul* Frédéric Joseph), ✻, à Liége (Belgique).
BRAGG (*William Lawrence*), à Cambridge (Angleterre).
....

SECTION VIII. — *Botanique* (10).

LECLERC DU SABLON (Albert-*Mathieu*), ✻, à Vénéjan (Gard).
MAIRE (*René*-Charles-Joseph-Ernest), ✻, à Alger.
IKENO (*Seïitirô*), à Tokyo.
PERRIER DE LA BÂTHIE (*Henri*-Alfred-Joseph), ✻, à Menton.
DEVAUX (*Henri*-Edgard), ✻, à Bordeaux.
BLAKESLEE (*Albert Francis*), à Long-Island (New York).
MAIGE (Louis-*Albert*), O. ✻, à Lille.
HOUARD (*Clodomir*-Antony-Vincent), à Clermont-Ferrand.
DE WILDEMAN (*Émile* Auguste Joseph), à Bruxelles.
TEODORESCO (*Emmanuel* Constantin), à Bucarest.

SECTION IX. — *Économie rurale* (10).

IMBEAUX (Charles-*Édouard*-Augustin), O. ✻, à Hyères.
RUSSELL (Sir Edward *John*), à Harpenden (Angleterre).
LAGATU (*Henri*-Désiré), O. ✻, à Montpellier.
MARCHAL (*Émile*-Jules-Joseph), à Gembloux (Belgique).
VALLÉE (*Henri*-Pierre-Michel), C. ✻, à Dijon.
TSCHERMAK-SEYSENEGG (*Erich*), à Vienne (Autriche).
WAKSMAN (*Selman* Abraham), à New Brunswick (New Jersey).
LESBRE (*François-Xavier*), O. ✻, à Lyon.
GUINIER (Marie-Joseph-Jean-Baptiste-*Philibert*), O. ✻, à Nancy.
GORINI (*Costantino*), à Milan.

SECTION X. — *Anatomie et Zoologie* (10).

BATAILLON (Jean-*Eugène*), O. ✻, à Castelnau-le-Lez (Hérault).
VAYSSIÈRE (Jean-Baptiste-Marie-*Albert*), ✻, à Marseille.

Messieurs :

LAMEERE (*Auguste*-Alfred-Lucien-Gaston), ✻, à Saint-Gilles-lez-Bruxelles.
LÉGER (*Louis*-Urbain-Eugène), O. ✻, à Grenoble.
PELSENEER (*Paul*), O. ✻, à Bruxelles.
BOUIN (André-*Pol*), O. ✻, à Clermont-Ferrand.
GUYÉNOT (*Émile* Louis Charles), ✻, à Genève.
CHATTON (*Édouard*-Pierre-Léon), ✻, ✠, à Banyuls-sur-Mer.
PEYERIMHOFF DE FONTENELLE (Marie-*Paul* DE), O. ✻, à Alger.
....

SECTION XI. — *Médecine et Chirurgie* (10).

YERSIN (*Alexandre*-John-Émile), G. O. ✻, à Nha-Trang (Annam).
WRIGHT (Sir *Almroth* Edward), à Londres.
SHERRINGTON (Sir *Charles* Scott), à Ipswich (Angleterre).
FORGUE (*Émile*), C. ✻, à Paris.
CARREL (*Alexis*), C. ✻, à New York.
LUMIÈRE (*Auguste*-Marie-Louis-Nicolas), G. O. ✻, à Lyon.
SABRAZÈS (*Jean*-Émile), O. ✻, à Bordeaux.
HOLMGREN (*Israël*), C. ✻, à Stockholm.
....
....

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 6 JANVIER 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

M. **Hyacinthe Vincent**, Président, fait connaître à l'Académie l'état où se trouve l'impression des recueils qu'elle publie et les changements survenus parmi les Membres, les Associés étrangers et les Correspondants pendant le cours de l'année 1940.

État de l'impression des recueils de l'Académie au 1er janvier 1941.

Comptes rendus des séances de l'Académie. — Les tomes 208 (1er semestre de l'année 1939), et 209 (2e semestre de l'année 1939) ont paru avec leurs tables.

Les numéros des 1er et 2e semestres de l'année 1940 ont paru. Les tables du 1er semestre sont sur le point de paraître.

Mémoires de l'Académie. — Les tomes 63 et 64 paraîtront prochainement.

Notices et discours. — Le tome 2 est en préparation.

Procès-verbaux des séances de l'Académie des Sciences, tenues depuis la fondation de l'Institut jusqu'au mois d'août 1835.

Un volume de tables générales est en voie d'achèvement.

Annuaire de l'Académie. — L'Annuaire pour 1941 est paru; il est mis en distribution au cours de la présente séance.

Index biographique des Membres et Correspondants de l'Académie des Sciences. — Une nouvelle édition est en préparation.

Membres décédés depuis le 1er janvier 1940.

Section de Mécanique. — M. **Léon Lecornu**, le 13 novembre, à Saint-Aubin-sur-Mer, Calvados.

Section de Physique générale. — M. **Edouard Branly**, le 24 mars, à Paris.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Arsène d'Arsonval**, le 30 ou le 31 décembre, à La Borie, par La Porcherie, Haute-Vienne.

Section des Académiciens libres. — M. **Alexandre Desgrez**, dans la nuit du 19 au 20 janvier, à Mennecy, Seine-et-Oise.

M. **Jules-Louis Breton**, le 2 août, à Bellevue, Seine-et-Oise.

Section des Membres non résidants. — M. **Pierre Weiss**, le 24 octobre, à Lyon.

Associés étrangers. — M. **Waldemar Christofer Brögger**, le 17 février, à Boekkelaget, près d'Oslo.

M. **Vito Volterra**, le 11 octobre, à Rome.

Aucun Membre n'a été élu depuis le 1er janvier 1940.

Membres à remplacer.

Section de Mécanique. — M. **Léon Lecornu**, mort à Saint-Aubin-sur-mer, Calvados, le 13 novembre 1940.

Section de Géographie et Navigation. — M. **Eugène Fichot**, mort à Tabanac, Gironde, le 17 juillet 1939.

Section de Physique générale. — M. **Edouard Branly**, mort à Paris, le 24 mars 1940.

Section de Minéralogie. — M. **Charles Barrois**, mort à Sainte-Geneviève-en-Caux, par Auffray, Seine-Inférieure, le 5 novembre 1939.

Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Arsène d'Arsonval**, mort à La Borie, par La Porcherie, Haute-Vienne, le 30 ou le 31 décembre 1940.

Section des Académiciens libres. — M. **Paul Séjourné**, mort à Paris, le 14 janvier 1939.

M. **Alexandre Desgrez**, mort à Mennecy, Seine-et-Oise, dans la nuit du 19 au 20 janvier 1940;

M. **Jules-Louis Breton**, mort à Bellevue, Seine-et-Oise, le 2 août 1940.

Section des Membres non résidants. — M. **Pierre Weiss**, mort à Lyon, le 24 octobre 1940.

Section des Applications de la science à l'industrie. — M. **Maxime Laubeuf**, mort à Cannes, Alpes-Maritimes, le 23 décembre 1939.

Associés étrangers. — M. **Edmund Beecher Wilson**, mort à New York, le 3 mars 1939.

M. **Waldemar Christofer Brögger**, mort à Boekkelaget, près d'Oslo, le 17 février 1940;

M. **Vito Volterra**, mort à Rome, le 11 octobre 1940.

Correspondants décédés depuis le 1er janvier 1940.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **Jules Schokalsky**, le 26 mars.

Pour la Section de Botanique. — M. **Lucien Daniel**, le 26 décembre, à Rennes.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Giuseppe Sanarelli**, le 6 avril, à Rome.

Correspondant élu depuis le 1er janvier 1940.

Pour la Section de Physique générale. — M. **Horia Hulubei**, le 10 juin, à Bucarest, en remplacement de Sir **William Bragg**, élu Associé étranger.

Correspondants à remplacer.

Pour la Section d'Astronomie. — M. **Louis Fabry**, mort aux Lecques, Var, le 26 janvier 1939.

Sir **Frank Dyson**, mort en mer, au retour d'un voyage en Australie, le 25 mai 1939.

Pour la Section de Géographie et Navigation. — M. **Jules Schokalsky**, mort le 26 mars 1940.

Pour la Section de Chimie. — **Marcel Godchot**, mort à Montpellier, le 11 février 1939;

Sir **William Pope**, mort à Cambridge, Angleterre, le 17 octobre 1939.

Pour la Section de Minéralogie. — M. **Giuseppe Cesaro**, mort à Comblain-au-Pont, Belgique, le 20 janvier 1939.

Pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **Thomas Hunt Morgan**, élu Associé étranger, le 20 juin 1938.

Pour la Section de Médecine et Chirurgie. — M. **Simon Flexner**, élu Associé étranger, le 22 février 1937;

M. **Giuseppe Sanarelli**, mort à Rome, le 6 avril 1940.

Pour les Sections qui pourront être désignées par l'Académie :

A. — Le Correspondant suivant pour la Section de Mécanique : M. **Joseph Auclair**, mort à Saint-Léger-sur-Roanne, le 12 décembre 1936.

B. — Le Correspondant suivant pour la Section de Chimie : M. **Amé. Pictet**, mort à Genève, le 11 mars 1937.

C. — Le Correspondant suivant pour la Section de Physique générale : M. **Camille Gutton**, élu académicien libre, le 31 janvier 1938.

D. — Le Correspondant suivant pour la Section de Mécanique : M. **John Alexander Low Waddell**, mort à New York, le 3 mars 1938.

E. — Le Correspondant suivant pour la Section de Botanique : M. **Lucien Daniel**, mort à Rennes, le 26 décembre 1940.

M. le **Président** salue M. **Ernest Esclangon**, nouveau Vice-Président de l'Académie et prononce le discours suivant :

Messieurs,

Aujourd'hui commencent (peut-être devrais-je dire continuent) les fonctions présidentielles que vous m'avez fait le grand honneur de me confier. Je ne saurais vous exprimer, à la mesure de mon sentiment, combien je vous suis reconnaissant de la haute et bienveillante faveur que vous m'avez marquée.

En ce début d'année, veuillez me permettre, mes chers Confrères, de vous exprimer de grand cœur mes vœux les plus fervents.

Je voudrais aussi solliciter par avance, dans la tâche que j'ai acceptée avec quelque imprudence, le concours renouvelé de nos Secrétaires perpétuels, MM. Alfred Lacroix et Émile Picard, ces savants éminents qui ne cessent de témoigner à l'Académie leur dévouement si précieux et si digne de notre reconnaissance.

Les événements dramatiques survenus au cours de l'année expirée, et qui ont bouleversé la vie de la Nation, ont eu un retentissement inévitable

sur notre Assemblée et sur ses réunions; mais leur effet n'a été que transitoire. Après une interruption obligée du 17 juin au 1er juillet, les séances ont repris le 8 juillet. Les *Comptes rendus* attestent que, malgré les épreuves qui accablent le pays, la recherche scientifique n'a pas fléchi et que l'Académie des Sciences demeure un foyer de travail ardent et fécond.

Les mêmes événements ont eu une autre conséquence. En raison de l'impossibilité du chauffage, nos réunions hebdomadaires ont dû être transférées dans cette salle réservée jusqu'ici à l'Académie française et à l'Académie des Sciences morales et politiques. Nous bénéficions d'un asile mieux défendu contre les dures rigueurs de l'hiver. Toutefois, oserai-je dire que le mode de chauffage, adopté par nécessité, est bien archaïque et qu'il ne répond certainement pas aux règles de l'hygiène?

La même salle qui nous abrite aujourd'hui est un peu plus réduite et présente un caractère peut-être plus intime que la nôtre dont l'apparence plus austère et l'atmosphère plus frigide ne mettaient pas cependant obstacle aux conversations particulières autant que sonores qui couvraient bien souvent la voix des orateurs. C'est là, d'ailleurs, une coutume très ancienne. Elle ne laisse pas de surprendre un peu les Collègues étrangers qui assistent à nos séances.

Lamennais, philosophe sévère, ne soupçonnait pas qu'il lui apportait une explication et presque une excuse, lorsqu'il a dit : « La langue française est, par excellence, la langue de la conversation.... »

Mais je m'aperçois que j'aborde, à mon tour, un sujet bien délicat qui a été souvent traité par les Présidents successifs de cette Assemblée. En vérité, ceci démontre que l'Académie des Sciences professe au plus haut point le respect des traditions, puisqu'elle le manifeste jusque dans ses petits défauts!

Toutefois, il nous faut bien rester sur le terrain pratique. Or l'expérience de ces derniers mois a malheureusement appris que l'acoustique de cette salle est, à ce point de vue, plus défavorable que celle de l'ancienne. Les sons y résonnent plus bruyamment. Récemment un de nos Collègues, prié de vous présenter une Note très intéressante, s'y est refusé : une présentation antérieure, faite au milieu du bruit, l'en avait, a-t-il dit, découragé pour toujours. Et cet exemple n'est pas le seul.

Je laisse à votre indulgence, mes chers Confrères, le soin d'en tirer la conclusion qu'il appelle.

Ce discours d'usage, je m'étais promis de le faire très bref, étant assuré, par avance, de votre complet assentiment.

Travaillons. Dans l'ordre intellectuel comme dans les autres domaines, travailler, produire, c'est donner aux yeux du monde le témoignage que les événements n'ont pas éteint la volonté française ni affaibli son énergie, mais qu'ils les ont, au contraire, retrempées pour le plus grand honneur du pays et pour celui de la Science.

Je lève la séance en signe de deuil.

MEMOIRES ET COMMUNICATIONS.

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance, M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Messieurs,

« J'avais un ami, la mort me l'a ôté ». Cette phrase qui vient éclore tristement sur mes lèvres, beaucoup d'entre vous, sans doute, l'ont répétée lorsqu'ils ont appris la mort de d'Arsonval, professeur au Collège de France, l'un des doyens de notre Académie. Sa santé, si résistante malgré l'apparence, laissait espérer que nous l'aurions, longtemps encore, conservé parmi nous. Mais c'est son seul souvenir qui demeurera désormais.

Jacques-Arsène d'Arsonval était né à La Borie (Haute-Vienne) le 8 juin 1851. La mort l'a surpris le 30 ou le 31 décembre dernier dans son ancienne maison familiale où il avait dû se retirer depuis plus d'un an.

Il avait été élu à l'Académie des Sciences le 4 juin 1894, dans la Section de Médecine et Chirurgie. Il a été son Président en 1917.

D'Arsonval appartenait aussi à l'Académie de Médecine depuis l'année 1888 et ses Collègues avaient eu la joie, il y a deux ans, de célébrer le cinquantenaire de son élection.

Résumer la vie scientifique de d'Arsonval, c'est embrasser, dans un éloge expressif, la somme grandiose de tout ce qu'il a apporté de vérités et de découvertes dans l'étude des phénomènes de la vie, dans celles de la Physique et ses applications à la Physiologie, à l'Électrologie, à la Méde-

cine, à la Chirurgie, à l'Industrie elle-même. Il a été l'initiateur de l'Électrothérapie.

Il fit ses études de médecine à Limoges, puis à Paris. Son père était lui-même médecin; à l'issue de ses examens, Arsène d'Arsonval devait remplacer son père dans le village natal où il exerçait son art. Mais une heureuse destinée en décida autrement.

En décembre 1873, d'Arsonval, alors étudiant, étant venu assister au cours de Claude Bernard, au Collège de France, eut bientôt l'occasion de se faire connaître du Maître. Celui-ci se l'attacha comme préparateur : il avait pressenti sa haute valeur. La carrière scientifique de d'Arsonval était désormais toute tracée.

Lorsque Claude Bernard mourut en 1878, il fut remplacé par Brown Séquard au Collège de France. D'Arsonval suppléait, deux ans plus tard, le nouveau professeur. En 1882, il était désigné comme directeur du Laboratoire de Physique biologique; en 1887, il devint professeur suppléant.

En 1894, à la mort de Brown Séquard, d'Arsonval était nommé titulaire de la chaire magistrale de Médecine expérimentale au Collège de France. Il allait l'illustrer à son tour.

Je ne saurais rappeler, tant ils sont nombreux et importants, tous les travaux qu'il a publiés. Dans chacun d'eux il apportait une contribution inédite à des faits mal connus ou des notions originales à des sujets jusqu'alors inexplorés.

Il s'est attaché à l'étude des phénomènes respiratoires, à celle de l'élasticité pulmonaire, à l'analyse du CO^2 expiré, à la toxicité de l'air expiré, à l'enregistrement des phases d'excrétion de l'urée, à l'analyse du spectre d'absorption de l'hémoglobine, à l'action de la lumière sur les microbes (avec Charrin), à l'action de très basses températures sur les ferments etc.

La chaleur animale et, conséquemment, la calorimétrie l'ont conduit à la création d'appareils enregistreurs dont le principe était fondé sur le degré d'échauffement de l'eau entrée à o degré dans la chambre calorimétrique.

On doit à d'Arsonval de très nombreux appareils de laboratoire : son étuve à température constante, munie d'un régulateur très sensible a été utilisée, à cette époque, dans tous les laboratoires de Microbiologie.

Il a inventé également un calorimètre destiné à la mesure et à l'enregistrement de la chaleur animale; un anémo-calorimètre muni d'un anémo-

mètre dont le nombre de tours dans l'unité de temps donnait l'indication de la température animale.

D'Arsonval a mis en évidence les oscillations considérables que subit la thermogenèse chez l'Homme, suivant qu'il est nu ou habillé, à jeun ou après le repas, debout ou assis etc. Il a étudié les mêmes oscillations en fonction du poids, de la taille, de l'espèce animale, de la température ambiante, de la pression barométrique, du degré de lumière, de l'anesthésie chloroformique etc.

Il signale le fait curieux du lapin frotté d'huile, dont la température s'abaisse parfois jusqu'à 18° et qui dégage cependant, dans le calorimètre, quatre fois plus de chaleur que le lapin normal. C'est là, sans doute, dit d'Arsonval, la raison empirique pour laquelle les athlètes de l'antiquité se frottaient d'huile afin de combattre l'hyperthermie produite par leurs exercices musculaires violents.

D'Arsonval avait le génie de l'invention. J'en ai donné des exemples. Citons encore les appareils pour le réglage des très basses températures; pour la conservation de la chaleur des liquides dans les récipients à double paroi dans laquelle a été fait le vide (c'est le principe de la bouteille *Thermos*); son thermomètre pour les froids intenses; ses aiguilles électriques destinées à la prise de la température des tissus vivants; son galvanomètre *à circuit mobile* d'une sensibilité et d'une exactitude si grandes; son microphone à réglage magnétique et son téléphone (avec Paul Bert) utilisés, à cette époque, sur le réseau de l'État; son galvanoscope téléphonique destiné à la mesure du courant électrique qui se dégage des muscles en contraction; son galvanomètre apériodique; son électro-cardiographe etc.

Grâce à ses méthodes, il a pu étudier et interpréter le phénomène du choc électrique produit par le gymnote et la torpille. Les organes spéciaux de ces poissons, qui produisent la décharge électrique, sont, en réalité des cellules musculaires évoluées, génératrices non de mouvement, mais de courant, à un degré beaucoup plus intense que le muscle normal; d'Arsonval a affirmé, d'ailleurs, que tous les êtres vivants donnent naissance à de l'électricité.

Les travaux entièrement neufs de d'Arsonval sur l'emploi des courants de haute fréquence dans le traitement de nombreuses maladies d'ordre médical et chirurgical ont eu un très grand retentissement, et c'est à juste titre que cette méthode porte aujourd'hui le nom de *d'Arsonvalisation*. Ce fut une profonde surprise pour tous, le jour où, ayant découvert un

montage nouveau en remplacement du montage de Tesla, d'Arsonval démontra l'insensibilité des nerfs et des muscles pour des courants alternatifs de très haute fréquence, ce qui permettait d'allumer une forte lampe d'incandescence tenue par les mains d'une ou de deux personnes interposées dans le circuit. La quantité énorme d'énergie traversant le corps humain, sans déterminer de réaction, aurait suffi à foudroyer le sujet si elle avait été transmise sous forme de courants alternatifs à longues périodes.

On doit également à d'Arsonval l'emploi de la lampe triode émettrice d'ondes entretenues, courtes, d'effets différents.

Son bistouri électrique à action froide permet de sectionner aseptiquement les tissus ou de séparer les tumeurs sans échauffement, par dissociation tissulaire mécanique due à de menues étincelles à action disruptive.

Je voudrais abréger cet exposé, cependant trop succinct. Je suis cependant dans la nécessité de rappeler encore l'œuvre si originale de ce grand savant dans l'étude des sécrétions des organes glandulaires et leur emploi spécifique « comme seule méthode de traitement » de certaines insuffisances hormonales.

On a peut-être oublié, dans cette belle découverte et d'après Brown Séquard lui-même, que « la part de d'Arsonval était au moins égale à la sienne ». Nul n'ignore les applications innombrables et les conséquences pratiques de cette méthode. D'Arsonval est, avec Brown Séquard, le fondateur de l'Endocrinologie.

L'étendue des travaux de d'Arsonval, leur originalité, leurs conséquences, ont acquis à son nom une réputation universelle. Lorsque, le 26 mai 1933, son jubilé a été solennellement célébré dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne, en présence d'une immense assemblée de savants, d'amis et d'admirateurs, nul n'ignorait l'œuvre scientifique extraordinaire qu'il avait accomplie.

Ce grand savant cachait ses qualités d'esprit et de délicatesse du cœur sous une naturelle simplicité. Il était demeuré affable, d'une bonhomie souriante et spirituelle, parfois agrémentée de malice; mais celle-ci était toujours revêtue de bonté. Ceux qu'il a honorés de son amitié ont le droit d'en garder quelque fierté.

Son opinion intime sur la recherche scientifique et sur l'aptitude à la découverte, il l'a fait connaître sous une forme vraiment originale. « La marche en avant de la Science » a-t-il dit « a toujours été le fait d'intuitifs

et d'imaginatifs. Pour être un grand savant, il faut, d'abord, être un grand sensible et, au fond, un artiste, pour ne pas dire un poète. »

Sans le savoir, il s'était dépeint entièrement dans ces mots.

La mort d'Arsène d'Arsonval est un deuil profond pour le pays. Car il a grandi le renom scientifique de la France.

Notice nécrologique sur M. LUCIEN DANIEL, *par* M. **PIERRE-AUGUSTIN DANGEARD.**

La fin de l'année 1940 nous apporte la triste nouvelle de la mort de Lucien Daniel, professeur honoraire de Botanique à l'Université de Rennes et Correspondant de l'Académie des Sciences.

La carrière de ce savant, dont la réputation avait franchi depuis longtemps les limites de notre pays, avait eu des débuts modestes : ses parents possédaient une petite propriété dans la Mayenne, à la Dorée.

Après la guerre de 1870, Lucien Daniel prit part, avec son père, qui possédait à un très haut degré l'esprit d'observation, à l'exploitation du domaine familial; pendant cinq années il se familiarisa ainsi avec les notions de culture pratique qui devaient lui être utiles dans la suite.

A cette époque, les Écoles normales primaires, qui pour la plupart existaient dans chaque département, accueillaient au concours les meilleurs élèves des écoles communales. Ce mode de recrutement avait du bon et il serait peut-être imprudent de le supprimer complètement, sans avoir essayé, tout au moins, d'y apporter les améliorations reconnues nécessaires; ce système entraînait une première sélection qui donnait satisfaction aux aspirations de nombreux jeunes gens conscients de leur valeur et des possibilités que l'intelligence et l'amour du travail leur permettaient d'envisager pour l'avenir.

Lucien Daniel n'eut aucune peine à se faire admettre à l'Ecole normale primaire de Laval où il fit de brillantes études qui le mirent en mesure, à sa sortie de l'École, d'assurer avec distinction, au collège de Château-Gontier, l'enseignement des sciences physiques et naturelles pendant neuf ans; ces années bien employées décidèrent de son avenir.

Sur les conseils de Gaston Bonnier, il entreprit des recherches d'anatomie végétale qui allaient lui permettre de passer brillamment à la Faculté des sciences de Paris en 1890, une Thèse de Doctorat ès sciences naturelles ayant pour titre *Recherches anatomiques et physiologiques sur les bractées de l'involucre des Composées.*

Nommé professeur au lycée de Rennes, en octobre 1895, Lucien Daniel se fait remarquer de ses chefs hiérarchiques; on lui confie, en 1901, une maîtrise de Conférences à la Faculté des sciences, nomination suivie, en 1902, d'une titularisation qui lui ouvrait toutes grandes les portes de l'enseignement supérieur et mettait à sa disposition les facilités de travail et les ressources d'un laboratoire qu'il n'a pas cessé d'occuper depuis cette époque avec le succès que l'on connaît.

Le doyen de la Faculté des sciences de Rennes, devenu depuis notre Confrère, était intervenu au sujet de cette nomination auprès de Liard et bien des fois, au cours de nos séances hebdomadaires, nous avons eu l'occasion de nous entretenir des controverses scientifiques, parfois assez mouvementées, qui se produisaient entre son ancien protégé et des adversaires qui, de la meilleure foi du monde, combattaient ses doctrines. C'est que Lucien Daniel était très absolu dans ses idées, lorsqu'il se croyait certain d'avoir raison.

On le vit bien lorsque, pendant plusieurs années, de 1904 à 1912, il soutint une lutte acharnée à propos du greffage des vignes françaises décimées par le phylloxéra sur sujets d'origine américaine réfractaires à cette maladie.

A la vérité, la question est restée délicate et doit être envisagée objectivement à la fois du point de vue scientifique et du point de vue pratique. Mais les discordances que l'on peut observer à cet égard, entre viticulteurs et savants, ne doivent pas faire oublier que Lucien Daniel s'est imposé comme un maître dans l'art du greffage, qu'il s'agisse de la création d'espèces nouvelles, de l'amélioration de nombreux végétaux comestibles, de l'hérédité plus ou moins persistante des caractères acquis, sans parler de l'obtention de divers hybrides de greffe dont l'un a reçu le nom de *Pyrocydonia Danieli*, juste hommage rendu à notre grand savant français par Winkler, dont on connaît les remarqués travaux sur les Chimères.

Nous ne pouvons donner ici qu'un faible apercu des différents Notes et Mémoires publiés par celui qu'on a pu considérer comme le fondateur de l'Horticulture scientifique; le simple titre de ces travaux suffit fréquemment à indiquer les tendances de notre infatigable chercheur, le but qu'il poursuit et les solutions qu'il nous propose.

Citons : 1° Recherches sur la greffe des Crucifères (*Comptes rendus*, 114, 1892);

2° Un nouveau Chou fourrager (*Revue gén. de Botanique*, 1895);

3° La greffe du Chou cabus (*Bull. Soc. sc. et médicale de l'Ouest*, 1896);

4° Amélioration de la Carotte sauvage par sa greffe sur la Carotte cultivée (*Comptes rendus*, 1898);

5° Greffe de l'Aubergine sur Tomate (*Bull. Soc. sc. et médicale de l'Ouest*, 1895);

6° La question phylloxérique, le greffage et la crise viticole, Paris; Bordeaux, 1905-1919, qui contient de nombreux résultats de grand intérêt, a soulevé en son temps d'âpres polémiques, maintenant oubliées ou apaisées;

7° Sur la greffe de quelques variétés de Haricots (*Comptes rendus*, 147, 1908);

8° Sur le greffage de quelques composées, Rennes, 1908;

9° Greffe de la Carotte sur Fenouil poivré (*Comptes rendus*, 1912);

10° Extension des limites de la culture de la vigne au moyen de certains hybrides (*Comptes rendus*, 1918);

11° Recherches anatomiques sur les greffes de *Chenopodium* et des Mercuriales (*Revue bretonne de Botanique*, 1920);

12° Recherches sur la greffe des *Solanum* (*Comptes rendus*, 171, 1920);

13° A propos des greffes Soleil sur Topinambour (*Comptes rendus*, 172, 1921);

14° Nouvelles recherches sur les greffes d'*Helianthus* (*Comptes rendus*, 173, 1921).

Lorsqu'il s'agit d'études sur l'action du greffage, la continuité dans les expériences s'impose fréquemment comme une nécessité absolue, si l'on veut aboutir à des conclusions sérieuses, sinon définitives.

Le Topinambour dans les cultures de Daniel nous fournit un exemple de ce que peut donner entre les mains d'un savant des observations prolongées et conduites avec précision; elles ont porté sur le Topinambour, après variations obtenues par un greffage sur Soleil : les conclusions sont d'une importance capitale [1] et peuvent se résumer ainsi d'après leur auteur : « Ces conclusions apportent une réponse expérimentale à quelques-unes des questions que je posais en 1898, en particulier à la nature de l'influence réciproque des symbiotes entre eux, à l'action de la greffe sur leur postérité et à l'hérédité des caractères acquis. »

Si l'on veut avoir une vue d'ensemble de l'œuvre de Daniel, il faut se reporter à un gros volume qu'il a publié, à partir de 1925, sous le titre *Étude sur la greffe*, Rennes, 1925, 1927, 1930.

---

[1] Lucien Daniel, *Nouvelles observations sur la descendance du Topinambour greffé* (*Revue bretonne de Botanique pure et appliquée*, Rennes, 1935).

Il est à souhaiter que l'effort considérable réalisé par notre éminent Correspondant puisse se poursuivre à l'Université de Rennes dans des conditions lui assurant un avenir fructueux comportant de prochaines réalisations.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Relation simple entre les fréquences d'une même molécule dans les états gazeux, liquide et solide.* Note [1] de M. **Henri Deslandres.**

La Note actuelle est présentée sous le même titre que les deux Notes précédentes des 30 septembre et 2 décembre 1940, auxquelles je prie le lecteur de se reporter pour éviter les redites. Ces Notes étudient et comparent les fréquences d'une même molécule dans les trois états gazeux, liquide et solide, et en utilisant les données nouvelles fournies par les physiciens hindous Sirkar, Sirkar et Gupta, qui ont mesuré les spectres Raman à la température très basse de l'oxygène liquide. Ils ont annoncé l'apparition, à la température de $-180°$, de fréquences nouvelles très petites, qui offrent un intérêt tout particulier.

Je me suis proposé d'étudier avec soin ces petites fréquences et de rechercher le lien qui doit les unir, d'une part aux grandes fréquences des hautes températures, et, d'autre part, aux anneaux et sous-anneaux d'électrons des atomes ou groupes d'atomes de la molécule. Comme il est naturel, parmi les molécules qui ont offert ces petites fréquences, j'ai choisi et étudié d'abord les molécules les plus simples, à savoir l'hydrogène sulfuré H^2S avec 3 atomes, 18 électrons et une fréquence très petite, puis le bisulfure de carbone CS^2, 3 atomes, 38 électrons et 2 petites fréquences. Je présente aujourd'hui le chloroforme $CHCl^3$, 5 atomes, 58 électrons, 2 petites fréquences, et aussi le tétrachlorure de carbone, CCl^4, 5 atomes, 74 électrons, une petite fréquence. Ces deux molécules offrent, il est vrai, une lacune : le spectre Raman du gaz n'a pas encore été déterminé à ma connaissance, et l'interprétation des différences entre les spectres est alors plus difficile : mais la recherche portera surtout sur les fréquences très petites. Enfin une Note ultérieure sera consacrée au benzène C^6H^6, 12 atomes, 42 électrons, 5 petites fréquences, et au chlorobenzène C^6H^5Cl, 12 atomes, 58 électrons et 4 petites fréquences.

---

[1] Séance du 30 décembre 1940.

Les fréquences Raman principales de $CHCl^3$, d'après Sirkar, sont :

Liquide à 20° ν 3016(4); 762(3); 666(5); 367(5); 262(5),

Solide à — 180° ν 3016(2); 773(0) et 755(1); 666(4); 367(2); 263(1); 94(1); 71(1); 71(1).

A première vue, la molécule $CHCl^3$ satisfait aisément à la loi des fréquences égales émises par les parties, car le groupe CH et les trois atomes Cl ont en commun les nombres s' 5 et 7 d'éléctrons activables; mais il est difficile d'activer en même temps et de la même manière 4 atomes ou groupes d'atomes isolés; aussi, en général, les atomes de la molécule se divisent en deux groupes qui s'opposent et s'activent mutuellement. Ces deux groupes sont, avec le chloroforme, les groupes CHCl et Cl^2, qui ont en commun les nombres s' 10 et 14, et avec l'ionisation intérieure, les nombres 9, 11 et 13 (voir le tableau XXIV ci-après et la liste *Act.* des nombres d'électrons activables) (²).

Le tableau donne l'analyse des principales fréquences de $CHCl^3$ et CCl^4; les fréquences très petites, qui sont les plus intéressantes, y sont présentées les premières. Or la fréquence ν 75 du chloroforme est égale à $d_1/14$ et la fréquence ν 94 à $d_1/11$. Ces petites fréquences sont les

(²) L'égalité des fréquences émises par les parties est une condition nécessaire et elle est souvent suffisante (Voir *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 341 et **210**, 1940, p. 272).

L'étude de nombreux spectres permettra de décider si elle est toujours suffisante ou de fixer les conditions à remplir pour qu'elle soit suffisante. Un nombre quelconque d'éléments CH et Cl ne doit pas former une molécule stable. Il convient d'abord que le nombre soit pair pour que la division en deux parties ayant les mêmes nombres s' soit possible. Dans la molécule $CHCl\text{-}Cl^2$, les deux parties ont un nombre total d'électrons différent, 24 électrons dans CHCl, et 34 dans Cl^2; les 10 électrons supplémentaires de Cl^2 et le poids atomique plus élevé de Cl sont une charge imposée à la partie CHCl qui doit les retenir, ce qui peut expliquer la faible stabilité de $CHCl^3$.

Dans ma dernière Note de 1938, j'ai analysé les fréquences du chloroforme, mesurées en France en 1933, pour vérifier que la molécule était la combinaison moléculaire annoncée par Urbain. Dans la Note actuelle, j'ai adopté les fréquences de Sirkar (*Ind. J. Phys.*, **10**, 1936, p. 189), mesurées avec le même appareil dans les états liquide et solide de $CHCl^3$ et CCl^4. Or les mesures de 1933 et 1936 ont des différences qui vont jusqu'à 3,6. Il est probable que les mesures hindoues sont les meilleures. En 1936, la technique expérimentale était bien établie, et, depuis plusieurs années, le physicien Sirkar a porté son activité entière sur l'effet Raman. Cet exemple met en relief la difficulté que l'on éprouve souvent, dans ces recherches, à s'appuyer sur des mesures sûrement exactes.

TABLEAU XXIV. — *Analyse de fréquences infrarouges de molécules.*

Liste *Act.* — Nombres *s'* d'électrons des anneaux (a.), des sous-anneaux et anneaux (a'.) activables dans les atomes et groupes d'atomes des molécules $CHCl^3$ et CCl^4.

			$CHCl^3$.						CCl^4.				
	CH.	*Cl.*	*CHCl—Cl²*.		*CCl³—H.*		*CCl²—ClH.*		*CCl³—Cl.*		*CCl²—Cl²*.		
1a'...	3	5	8 ou 10	10	17 ou 19	1	12 ou 14	6	17 ou 19	5	12 ou 14	10	1a'.
1a....	5	7	12 ou 14	14	25 ou 27		18 ou 20	8	25 ou 27	7	18 ou 20	14	1a.
2a'...		13	20	26	43 ou 45		30 ou 32	14	43 ou 45	13	30 ou 32	26	2a'.
2a....	7	15	22	30	51		36	16	51	15	36	30	2a.
3a....		17	24	34	57		40	18	57	17	40	34	3a.

Molécule et mode d'excitation.	Intensité entre ( ) et fréquence de la radiation en cm^{-1}.	Multiple correspondant de $d_1/s'r'$ et résidu.		Nombres *s'* d'électrons activés dans l'atome ou groupe d'atomes et nombres de sous-anneaux et d'anneaux activés (a'. et a.).
$CHCl^3$ solide à — 180° Raman. 58 électrons, 10 fréquences.	$\nu = (1)\ 75 =$	$d_1/14$	—0,9	14 de CHCl 2a. et 1a. — 14 de Cl^2 1a.
		$2d_1/29$	+1,7	29 de Cl^{2+} 2a. — 21 de $CHCl^-$ 2a'.
		$3d_1/43$	+0,9	43 de CCl^3 1a. et 2a'. — H.
		$4d_1/57$	+0,4	57 de CCl^3 2a. et 3a. — H.
		$5d_1/71$	+0,3	71 de $(CCl^2)^{2+}$ 2a. — 29 de $(ClH)^{2-}$ 2a'.
		$6d_1/85$	—0,0	17 de CCl^3 1a'. — H.
	$\nu = (1)\ 94 =$	$d_1/11$	—2,4	11 de $CHCl^+$ 1a. — Cl^{2-} 1a'.
		$2d_1/23$	+1,6	23 de CHCl 2a. — 13 de Cl^{2+} 1a.
		$3d_1/34$	+0,2	17 de CCl^3 1a'. — H.
		$4d_1/45$	—0,4	45 de CCl^3 2a. et 2a'. — H.
		$5d_1/57$	+0,8	57 de CCl^3 2a. et 3a. — H.
		$7d_1/79$	—0,1	79 de $(CCl^2)^{2+}$ 2a. et 3a. — 33 de $(ClH)^-$ 2a.
		$7d_1/80$	+1,0	8 de CHCl 1a'. — 10 de Cl^2 1a'.
		$8d_1/91$	+0,6	13 de $CHCl^-$ 1a. — 13 de Cl^{2+} 1a.
Liquide à + 20° Raman...... 7 fréquences.	$\nu = (6)\ 666 =$	$5d_1/8$	+1,9	8 de CHCl 1a'. — 10 (de 40) de Cl^2 1a'.
		$17d_1/27$	—3,0	9 de $CHCl^-$ 1a'. — 9 de Cl^{2+} 1a'.
		$25d_1/40$	—1,9	40 de CCl^2 3a. — 16 de ClH 1a.
		$27d_1/43$	—1,1	43 de CCl^3 1a. et 2a. — H.
		$32d_1/51$	—0,7	17 et 51 de CCl^3 1a'. et CCl^3 2a. — H.
		$35d_1/56$	+1,9	14 de CHCl 2a. et 1a. — 14 de Cl^2 1a.
		$47d_1/75$	+0,2	25 de CCl^3 1a. — H.
	$\nu = (5)\ 262 =$	$d_1/4$	—3,6	12 de CCl^2 1a'. — 8 de ClH 1a.
		$11d_1/45$	+2,3	43 de CCl^3 2a. et 2a'. — H.
		$14d_1/57$	+1,0	57 de CCl^3 2a. et 3a. — H.
		$16d_1/65$	+0,5	13 de $CHCl^-$ 1a. — 13 de Cl^{2+} 1a.
	$\nu = (5)\ 367 =$	$19d_1/11\times5$	+0,0	11 de $CHCl^+$ 1a. — 11 de Cl^{2-} 1a'.
	$\nu = (3)\ 762 =$	$28d_1/13\times3$	—0,8	13 de $CHCl^-$ 1a. — 13 de Cl^{2+} 1a.
Solide à — 180°............	$\nu = (0)\ 755 =$	$37d_1/13\times4$	—1,0	Id.
	$(1)\ 773 =$	$19d_1/13\times2$	—3,4	Id.
CCl^4 solide à — 180°........ 74 électrons, 6 fréquences. Bande large.	$\nu = (1)\ 85 =$	$2d_1/25$	+0,0	25 de CCl^3 1a. — 17 de Cl 3a.
		$3d_1/38$	—1,1	19 de CCl^3 1a. et 1a'. — 17 de Cl 3a.
		$4d_1/51$	+1,7	17 de CCl^3 1a'. — 17 de Cl 3a. ou 51 de CCl^3 2a.
		$7d_1/88$	+0,5	11 de CCl^{2+} 1a'. — 11 de Cl^{2-} 1a'.
Liquide à + 20°............	$\nu = (4)\ 459 =$	$3d_1/7$	+3,6	14 de CCl^2 1a. et 1a'. — 14 de Cl^2 1a.
		$13d_1/30$	—1,4	30 de CCl^2 1a. et 2a'. — 30 de Cl^2 2a.
		$19d_1/44$	+0,2	11 de CCl^{2+} 1a'. — 11 de Cl^{2-} 1a'.
		$22d_1/51$	+0,7	17 de CCl^2 1a'. — 17 de Cl 3a. ou 51 de CCl^3 2a.

vibrations fondamentales des arrangements annoncés ci-dessus, qui offrent *a priori* l'égalité des fréquences des parties. Les résultats sont les mêmes qu'avec les molécules H^2S et CS^2. D'autre part, à — 180°, les fréquences du liquide, sauf une, ne sont pas modifiées, et elles sont plus intenses que les fréquences très petites; elles sont émises à peu près dans les mêmes conditions dans les états solide et liquide. Quant aux fréquences très petites, elle sont dues à un groupe de molécules qui ont l'arrangement $CHCl\text{-}Cl^2$ avec ou sans ionisation intérieure, et qui émettent la vibration fondamentale de l'arrangement. D'ailleurs il se trouve qu'elles sont émises aussi par d'autres arrangements qui ont la même vibration ou une vibration très voisine. L'analyse de ν 71 montre les s' 17, 43, 57 dues à l'arrangement $CCl^3\text{-}H$, qui peut être le plus fréquent, l'atome H étant très facile à déplacer; l'examen des résidus conduirait à la même conclusion; mais est-on sûr de la grande précision des mesures? De même l'analyse de ν 94 montre les s' 25, 27, 43 et 51 de CCl^3.

La fréquence ν 762 du liquide se divise à — 180° en deux fréquences ν 755 et 773; les 3 ont le même nombre s' égal à 13. Il est possible que les deux fréquences du solide soient dues à des polymères différents.

D'autre part la petite fréquence de CCl^4 ν 85 est égale à $2d_1/25$, et elle présente plusieurs nombres s' de l'arrangement $CCl^3\text{-}Cl$, l'atome Cl paraissant se dégager de CCl^4 aussi facilement que l'atome H de $Cl^3\text{-}H$. D'ailleurs les mêmes nombres s' de CCl^3 se retrouvent dans la molécule $CCl^3\text{-}Cl^3C$.

Cette étude des deux molécules sera reprise lorsque le spectre du gaz sera déterminé avec précision. Le physicien hindou Ananthachristnan a mesuré le spectre de CCl^4 liquide avec une grande dispersion; les radiations simples des mesures précédentes sont doubles ou triples; mais, pour la comparaison avec l'état solide, j'ai dû me borner aux mesures de Sirkar, appuyées sur un appareil moins puissant.

En réalité la nouvelle analyse des spectres moléculaires nous permet de pénétrer, au moins un peu, dans l'intimité de la molécule. Il faut donc augmenter la dispersion des appareils, la précision des mesures, étendre la mesure à la température de l'hydrogène liquide et s'attacher surtout aux petites fréquences, avec lesquelles les relations sont en général plus simples. A l'appui, je rappelle l'analyse du spectre infrarouge de la vapeur d'eau (*Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1421). La moisson de faits nouveaux serait d'ailleurs importante et rapide, si l'on disposait de plaques photographiques

sensibles à ces petites fréquences, et il semble possible de les obtenir en utilisant un des corps qui sont décomposés par une faible élévation de la température (³).

OPTIQUE. — *Condenseurs sphériques. Applications à la détection de sources d'ultraviolet et à la réalisation de cataphotes fluorescents.* Note de M. **Aimé Cotton**.

Dans une Note qu'on trouvera plus bas (p. 54), M. Clément Duval indique qu'il utilise, comme je l'avais fait moi-même, pour concentrer des rayons ultraviolets des condenseurs formés de simples ballons de verre remplis de liquides.

Voici quelques remarques faites au cours d'expériences que j'avais poursuivies à ce sujet en collaboration avec M. Jacques Rabinovitch.

I. Une sphère réfringente constitue évidemment un instrument très imparfait au point de vue de l'optique géométrique : elle ne donne pas à vrai dire d'image d'un point lumineux (sauf dans le cas particulier où ce point est sur une des sphères aplanétiques). Mais on n'a pas toujours besoin d'avoir de bonnes images, c'est ce qui a lieu par exemple lorsqu'on veut simplement concentrer en une région étroite, les rayons venus d'une source éloignée, obtenir en d'autres termes un *condenseur*. Les condenseurs habituellement employés dans ce but (ou bien inversement pour obtenir un faisceau de lumière utilisé dans un appareil de projection) ne donnent pas, eux non plus, de bonnes images : il ne peut d'ailleurs en être ainsi étant donné la forme et l'étendue de la plupart des sources, et les ouvertures des lentilles utilisées.

Placée dans un faisceau de lumière parallèle provenant d'un point lumineux éloigné S, une sphère de centre O, de rayon R, forme derrière elle une caustique que l'on trace facilement en considérant la marche de quelques rayons de faisceau (en utilisant les sphères aplanétiques et la construction de Huygens). Cette caustique délimite un volume d'autant

---

(³) J'ai soumis la question des plaques sensibles à l'infrarouge lointain au grand chimiste Marcelin Berthelot, qui a conseillé d'écarter les sels d'argent et d'essayer les corps, même un peu explosifs, qui sont facilement décomposés par un faible accroissement de la température. Cette recherche devra être poursuivie par des chimistes, et l'on peut prévoir que ces plaques nouvelles auraient des applications dans de multiples directions.

plus petit, pour une valeur donnée du rayon, que l'indice n est plus grand. La pointe de la caustique, foyer des rayons centraux voisins de SO, est à une distance d de la face postérieure de la sphère égale à $(2-n)/(n-1)(R/2)$; le cercle délimitant la partie éclairée de cette face postérieure ([1]) a un rayon ρ égal à $R/n^2[(4-n^2)/3]^{3/2}$; les valeurs de d et de ρ suffisent pour donner une idée (par excès) de la grandeur de la région où la lumière est concentrée. Pour une sphère d'indice 4/3, de 10^{cm} de diamètre, $d=5^{cm}$ $\rho=1^{cm},8$. Pour une sphère dont l'indice 3/2 est voisin de celui du verre $d=2^{cm},5$ $\rho=0^{cm},98$. Dans ce dernier cas la partie éclairée de la face postérieure de la sphère a une surface qui n'est que quelques centièmes de la surface d'un grand cercle : on s'explique ainsi que, si l'on recouvre cette partie de la sphère d'un enduit blanc diffusant, on forme un cataphote agissant par diffusion, la sphère n'apparaissant brillamment éclairée pour un observateur éloigné placé en S′ du côté de la source, que s'il est lui-même tout près du faisceau ([2]).

II. Une sphère réfringente en verre, en matière plastique etc., peut être remplacée par un simple ballon de verre soufflé plein de liquide. Il y a fort longtemps que cette propriété a été utilisée, et les micrographes par exemple, se servent de ballons pleins d'eau pour travailler à la lumière artificielle. Un tel ballon pourrait aussi remplacer par exemple dans une lanterne un condenseur brisé, et dispenserait en outre alors de l'emploi d'une cuve à eau : si l'on n'a pas utilisé cette propriété, c'est simplement, je pense, parce qu'avec les lanternes habituelles on ne peut pas mettre le ballon assez près de la source, ni commodément installer le support (un bout de tube cylindrique sur lequel on pose le ballon).

Il n'est pas difficile de trouver des ballons de verre soufflé dont la forme soit assez régulière, sans doute parce que, au moment de la fabrication, les forces capillaires tendent naturellement à réaliser une surface sphérique. L'examen de la caustique pour les rayons visibles, que l'on fait facilement en mettant derrière le ballon, éclairée par un faisceau intense, une cuve pleine d'un liquide diffusant, renseigne d'ailleurs sur ce point, car, s'il y a des défauts, des stries notamment dans la paroi de verre mince, la caustique s'en trouve nettement modifiée.

([1]) Nous négligeons les rayons marginaux, qui sont presque complètement réfléchis sur la face d'entrée.

([2]) En effet, il en est ainsi lorsque les deux cercles de rayon ρ correspondant à S et S′ empiètent l'un sur l'autre.

Un tel condenseur improvisé est donc économique et se prête suivant le choix du liquide à diverses applications. Comme liquide transparent on peut prendre le tétrachlorure de carbone ($n = 1,46$), liquide un peu trop volatil, mais bien transparent, non inflammable, et qui ne gèle pas l'hiver. Si l'on y dissout de l'iode, on peut répéter les expériences de Tyndall sur les radiations du proche infrarouge, sans avoir, comme avec le sulfure de carbone qu'il employait comme dissolvant, à manier ce liquide dangereux près d'une lampe à arc. Le ballon à tétrachlorure pur, mais complété par un écran absorbant les rayons visibles et laissant passer le proche ultraviolet, servira à constituer un condenseur pour les expériences de fluorescence. Ce même ballon, mais sans qu'un écran soit alors nécessaire, derrière lequel on place une cuve renfermant un liquide fluorescent (ou un écran fluorescent si l'on veut seulement observer une section de la caustique), sert à détecter une source éloignée munie d'un écran laissant passer des rayons ultraviolets. On décèle cette source en formant la caustique dans une cuve ou un petit ballon renfermant un liquide fluorescent et en se plaçant par derrière. Lorsque deux sources sont placées côte à côte, chacune donne sa caustique sur l'axe qui lui correspond : on peut alors facilement les comparer entre elles au point de vue de leur richesse en radiations actives : comme ces sources elles-mêmes peuvent être improvisées on peut facilement en réaliser plusieurs pareilles, comparer par exemple, deux liquides fluorescents en les plaçant dans des cuves à deux compartiments contigus.

Pour de telles applications ces cuves, employées pour contenir les liquides fluorescents et où se forment les caustiques, seront de préférence limitées elles-mêmes par des calottes sphériques de verre concentriques au ballon plus grand servant de condenseur, les courbures étant choisies de façon que la partie la plus brillante de la caustique se forme dans le liquide. L'ensemble du ballon et des surfaces limites ayant un centre de figure, tout l'appareil est toujours orienté correctement dès qu'il est placé dans les faisceaux à déceler : on voit sans peine qu'on peut ainsi détecter des sources d'ultraviolet, mobiles ou non, situées dans un angle solide très grand.

III. Nous remarquerons pour terminer que les mêmes récepteurs peuvent servir de cataphotes fluorescents. On a déjà réalisé de tels cataphotes en plaçant derrière des lentilles des écrans fluorescents : la source secondaire constituée par l'écran rendu lumineux envoie des rayons qui, se propageant en sens inverse, reviennent près de la source

elle-même et permettent à l'observateur placé près d'elle d'apercevoir au loin le cataphote. Les cuves à liquides signalées plus haut fonctionnent de même, les rayons provoquant la fluorescence et ceux qu'elle produit suivant à peu près les mêmes chemins dans les deux sens. Le principe du retour inverse joue encore ici, même avec des instruments d'optique aussi imparfaits : toutefois la différence de réfrangibilité des deux sortes de radiations fait qu'il ne peut s'appliquer en toute rigueur.

Pour cette application encore, il sera bon que les cuves, ou l'écran fluorescent qui les remplace, soient courbées, comme il est dit plus haut, de façon que les surfaces limites soient concentriques au ballon.

Il me semble que l'emploi de tels appareils (complétés au besoin par l'emploi de peintures luminescentes) pourrait contribuer à la solution des problèmes posés par la circulation des véhicules, tels que les voitures automobiles, pendant la nuit.

Il y a deux cas à distinguer. Dans les circonstances actuelles les exigences de la Défense passive obligent à supprimer autant que possible *toutes* les radiations visibles. Or les lampes à incandescence dont sont généralement pourvus tous les véhicules ne donnent pas assez de ces radiations ultraviolettes qu'on peut seules tolérer; les appareils de signalisation deviendraient difficilement visibles à cent mètres, par exemple. Il conviendrait donc de remplacer ces lampes par d'autres sources dont le spectre s'écarterait nettement du spectre du corps noir.

En temps normal, au contraire, on peut tolérer, à côté des rayons ultraviolets, des radiations visibles, pourvu qu'elles ne produisent pas l'éblouissement. Dans ce cas, au lieu d'éteindre brusquement, ou de masquer complètement par des écrans opaques, la lumière des phares lorsqu'elle devient gênante, on pourrait employer des écrans amovibles laissant passer, outre le proche ultraviolet, l'extrémité violette du spectre visible. L'ensemble de ces rayons, tout en restant inoffensifs pour les yeux rendrait alors plus visibles de loin les cataphotes, les peintures luminescentes etc., en somme les objets dont il importe le plus de signaler la présence, et cela sans qu'on cesse de percevoir les phares de la voiture qui approche et, à l'aide d'un récepteur fluorescent tourné vers l'arrière, les phares d'une autre voiture qui cherche à doubler.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Équations de Fredholm dont le noyau est fonction holomorphe d'un paramètre; équations analogues où figurent des intégrales principales*. Note [1] de M. **Georges Giraud**.

Une Note publiée sous le même titre [2] reçoit ici quelques compléments. Plusieurs notations lui sont empruntées.

1. Considérons deux opérations linéaires associées

$$J_\lambda u(X) = u(X) - \int_{\mathcal{V}}^{(m)} G(X, A; \lambda) u(A)\, dV_A,$$

$$K_\lambda v(\Xi) = v(\Xi) - \int_{\mathcal{V}}^{(m)} G(A, \Xi; \lambda) v(A)\, dV_A,$$

où $G(X, \Xi; \lambda)$ est holomorphe par rapport à λ dans une région complexe fermée D, et cette fonction remplit certaines conditions telles que la théorie de Fredholm s'applique; par exemple, elle peut être uniformément continue par rapport à X, à Ξ et à λ. Deux ensembles de relations ou de fonctions qui jouent respectivement le même rôle, l'un pour J_λ et l'autre pour K_λ, seront dits *associés*. On sait que, quand λ varie dans D, le nombre minimum k des fonctions u linéairement distinctes qui remplissent la condition $J_\lambda u = 0$ peut être positif; s'il l'est, on peut trouver k telles fonctions $u_\beta(X; \lambda)$ $(\beta = 1, \ldots, k)$, linéairement distinctes quand λ est fixe, et holomorphes en un point λ_0 donné dans D, même si λ_0 est ce que nous appellerons une *valeur propre*, c'est-à-dire si, pour $\lambda = \lambda_0$, le nombre des solutions linéairement distinctes ou *fonctions propres* surpasse k. Soient $v_\beta(\Xi; \lambda)$ $(\beta = 1, \ldots, k)$ les fonctions associées aux u_β; on les choisit holomorphes en λ_0. Soit enfin $N(X, \Xi; \lambda)$ un *noyau résolvant*, au sens élargi si k n'est pas nul, c'est-à-dire une fonction méromorphe en λ_0 et qui remplit une condition

$$G(X, \Xi; \lambda) + K_\lambda N(X, \Xi; \lambda) = \Sigma_\beta u_\beta(X; \lambda) \rho_\beta(\Xi; \lambda), \tag{1}$$

où les ρ_β sont holomorphes en λ_0, et qui remplit aussi une condition associée à (1), où figurent au second membre les fonctions v_β et des fonctions $\sigma_\beta(X; \lambda)$ associées aux ρ_β et holomorphes en λ_0 (appliquée à une

---

(1) Séance du 30 décembre 1940.

(2) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 47-49. La partie relative aux équations de Fredholm est développée dans un Mémoire sous presse.

fonction de deux points, l'opération K_λ porte sur le second point, et J_λ, sur le premier point); si k est nul, l'on entend que les seconds membres de (1) et de la condition associée sont nuls. Quand k n'est pas nul, nous choisissons N de façon à remplir en outre les k conditions

$$(2) \qquad \sigma_\beta(X;\lambda) = \int N(X, A;\lambda)\,\sigma_\beta(A;\lambda)\,dV_A$$

et les k conditions associées.

On sait que, si λ_0 est une valeur propre, ce point est un pôle de N, et réciproquement ([2]). La partie principale de N peut s'exprimer plus simplement que dans la Note citée. Soit $Q(X, \Xi;\lambda) = \sum_{n=1}^{p} Q_n(X, \Xi)\lambda^{-n}$ cette partie principale, en prenant λ_0 nul, de sorte que la fonction

$$N - Q = P(X, \Xi;\lambda)$$

est holomorphe; *on peut écrire*

$$(3) \qquad Q_{p-n}(X, \Xi) = \sum_{\alpha=1}^{t(n+1)} \sum_{q=0}^{n-r(\alpha)} \varphi_{\alpha,q}(X)\,\psi_{\alpha,n-r(\alpha)-q}(\Xi) \qquad (0 \leqq n < p),$$

les entiers $t(n)$ remplissant les conditions $0 = t(0) < t(1) \leqq t(2) \leqq \ldots \leqq t(p)$, et l'entier $r(\alpha)$ étant tel qu'on ait $t(r) < \alpha \leqq t(r+1)$; les fonctions $\varphi_{\alpha,0}$ et $u_\beta(X;0)$ sont linéairement indépendantes, et les fonctions associées le sont aussi. Si nous posons

$$(4) \qquad \varphi_\alpha(X;\lambda) = \sum_{n=0}^{p-r(\alpha)-1} \varphi_{\alpha,n}(X)\lambda^n, \qquad \psi_\alpha(\Xi;\lambda) = \sum_{n=0}^{p-r(\alpha)-1} \psi_{\alpha,n}(\Xi)\lambda^n,$$

on démontre que $\lambda^{r(\alpha)-p}\int \varphi_\alpha \rho_\beta\,dV$, $\lambda^{r(\alpha)-p} J_\lambda\,\varphi_\alpha(X;\lambda)$ et les fonctions associées sont holomorphes.

2. *Considérons la fonction*

$$(5) \qquad R(X, \Xi;\lambda) = N(X, \Xi;\lambda) - \Sigma_\alpha \lambda^{r(\alpha)-p}\,\varphi_\alpha(X;\lambda)\,\psi_\alpha(\Xi;\lambda).$$

Elle est holomorphe et se réduit pour $\lambda = 0$ à un noyau résolvant de J_0, formé dans la Note citée. Elle remplit la condition

$$(6) \qquad \begin{aligned} &G(X, \Xi;\lambda) + K_\lambda R(X, \Xi;\lambda) \\ &\quad = \Sigma_\beta\, u_\beta(X;\lambda)\,\rho_\beta(\Xi;\lambda) - \Sigma_\alpha\, \varphi_\alpha(X;\lambda)\lambda^{r(\alpha)-p} K_\lambda\, \psi_\alpha(\Xi;\lambda)\end{aligned}$$

et la condition associée. Elle peut servir à résoudre l'équation

$$(7)\qquad J_\lambda u(X) = F(X),$$

dans laquelle F et u peuvent aussi dépendre de λ; en effet on a, d'après (6) et d'après la condition associée, tant que $|\lambda|$ reste assez petit pour que les σ_β et les $\lambda^{r(\alpha)-p} J_\lambda \varphi_\alpha$ soient linéairement indépendants,

$$(8)\qquad u(X) = F(X) - \int R(X, A; \lambda) F(A)\, dV_A + \Sigma_\alpha a_\alpha \varphi_\alpha(X; \lambda) + \Sigma_\beta b_\beta u_\beta(X; \lambda),$$

$$(9)\qquad \int \varphi_\beta F\, dV = 0,$$

$$(10)\qquad \lambda^{p-r(\alpha)} a_\alpha = -\int \psi_\alpha F\, dV,$$

et cet ensemble de relations, où figurent les $k + t(p)$ inconnues nouvelles a_α et b_β, suffit pour que (7) ait lieu.

Ce procédé semble avantageux quand on a $F = \Sigma_\gamma c_\gamma F_\gamma$, où les c_γ sont des inconnues qui ne dépendent que de λ, et qui sont liées par des équations en nombre égal, du type $\Sigma_\gamma A_\gamma c_\gamma = \int hu\, dV + B$, où les fonctions h et les constantes A_γ et B, qui peuvent dépendre de λ, sont données. Au lieu d'éliminer les inconnues c_γ, on peut éliminer u, moyennant l'introduction des $k + t(p)$ nouvelles inconnues a_α et b_β et des équations (9) et (10). Cette sorte de questions s'est rencontrée dans une application physique [3].

3. Ces résultats peuvent être étendus aux équations où figurent des intégrales principales, et aux systèmes de telles équations.

MOTEURS THERMIQUES. — *Énergie récupérable à l'échappement d'un moteur alternatif, à combustion interne et à évacuation totale.* Note [1] de M. **Maurice Roy.**

1. Dans un moteur alternatif à *carburation*, l'évacuation totale des gaz brûlés est éminemment favorable [2] à l'augmentation, simultanément, de la puissance massique, de la puissance volumique et du rendement thermique.

---

(3) *Comptes rendus*, 209, p. 661-663, et *erratum*, p. 812.

(1) Séance du 30 décembre 1940.

(2) Cf. notamment M. Roy, *La Science aérienne*, I, 1, 1932, p. 74, Paris.

Pour un moteur à *injection*, des avantages analogues, quoique moins accentués quant au rendement thermique, peuvent être obtenus.

Dans les deux cas, cette évacuation totale peut être effectuée normalement par un *balayage intégral* des gaz brûlés. Sa réalisation s'associe naturellement à l'emploi de la suralimentation que requiert de plus en plus le progrès des moteurs alternatifs. Le fonctionnement à deux temps, en particulier, favorise de telles réalisations et cette circonstance renforce les motifs de la préférence à lui accorder pour l'avenir.

2. La présente Note a pour objet de présenter une formule simple permettant d'évaluer l'*énergie récupérable à l'échappement* d'un moteur à balayage intégral, selon la définition précédente. Ce moyen d'évaluation est applicable tant à l'étude de la suralimentation qu'à celle des combinaisons de machines alternatives et rotatives, ou, plus proprement, à flux *discontinu* et à flux *continu*, auxquelles conduit l'évolution des moteurs thermiques.

3. On admet essentiellement que tout se passe comme si les phénomènes d'échappement et de remplissage d'un cylindre pouvaient être schématisés de la manière suivante :

A l'ouverture de l'échappement (état d'indice d), la pression inférieure p_i tombe, sans déplacement sensible du piston, de p_d à $p_f > p_e$, pression du milieu extérieur où débouche l'échappement. Dans tout état intermédiaire, p_i est liée à p_d par l'adiabatique réversible. Pendant cette phase, chaque élément de masse dm évacué subit une détente adiabatique irréversible de p_i à p_f, de rendement η, puis un laminage intégral (sans variation de vitesse, ni de température) de p_f à p_e. Selon Rateau, on appellera *bouffée* la masse totale m ainsi évacuée et *chasse* le complément $(M - m)$, évacué ensuite et subissant un simple laminage intégral de p_f à p_e.

Quant au remplissage, à partir du repos et d'une pression amont $p_0 (p_0 > p_f > p_e)$, il s'effectue pour la même masse M de gaz frais avec laminage intégral de p_0 à p_f, sans échange de chaleur avec les parois ni avec les gaz brûlés.

L'arc du diagramme d'indicateur compris entre l'ouverture de l'échappement et la fermeture de l'admission est ainsi remplacé par un angle droit, de côtés parallèles aux axes.

L'énergie directement disponible à l'échappement du moteur, alimenté par balayage intégral sous la différence de pression $(p_0 - p_e)$ de l'amont à l'aval, est l'énergie cinétique W de la masse M. Si l'on admet que le rendement η ci-dessus défini est pratiquement le même pour les divers

éléments de la bouffée m, qui contribue seule à W, on a

$$(1) \qquad W = \eta MCT_d \left[\frac{1}{\gamma} + \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{p_f}{p_d} - \left(\frac{p_f}{p_d} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right].$$

La valeur fixe (ou moyenne) de η dépend du régime et de la charge du moteur et caractérise le *rendement adiabatique de l'échappement*, c'est-à-dire le rendement de la détente irréversible et complexe que provoque le vidage brusque du cylindre par les orifices, organes et tuyauterie d'échappement.

L'énergie W, utilisable par exemple sur un rotor de turbine à action (sous la pression p_e), a évidemment pour maximum le gain total de travail W_0 que l'on obtiendrait en évacuant la masse M dans l'état d'indice d et en la détendant par voie adiabatique et réversible de p_d à p_e, puis en réalimentant, dans les mêmes conditions que précédemment, le cylindre ainsi vidé.

Compte tenu de la diminution de travail indiqué du moteur alternatif, le maximum W_0 de W a pour valeur

$$(2) \qquad W_0 = MCT_d \left[\frac{1}{\gamma} + \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{p_f}{p_d} - \left(\frac{p_e}{p_d} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right].$$

Le rapport $K = W/W_0$, compris entre zéro et 1, mesure le degré de récupération de l'énergie des gaz d'échappement. Par (1) et (2), on peut écrire

$$(3) \qquad \frac{K}{\eta} = \frac{\left[\frac{1}{\gamma} + \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{p_f}{p_d} - \left(\frac{p_f}{p_d} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]}{\left[\frac{1}{\gamma} + \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{p_f}{p_d} - \left(\frac{p_e}{p_d} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]}$$

avec les valeurs numériques

K/η.	$p_f/p_e = 1,05$.	1,10.	1,15.	1,20.
$p_d/p_f = 4$	0,984	0,932	0,900	0,875
6	0,974	0,910	0,870	0,836
8	0,924	0,862	0,808	0,764

4. De ce tableau, qui encadre les conditions d'échappement et de remplissage de moteurs alternatifs analogues aux moteurs usuels, à carburation ou à injection, on déduit que le rapport K/η est relativement peu variable avec ces conditions.

Le degré de récupération de l'énergie des gaz d'échappement dépend

donc principalement du rendement η, défini selon la conception précédente, et cette conclusion souligne la signification de ce rendement ainsi que l'importance qu'il convient d'attacher, pour son amélioration, à la conformation des orifices, organes et tuyauterie d'échappement. La considération de η pourrait servir de base à une étude expérimentale systématique du perfectionnement à cet égard des moteurs thermiques.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur une généralisation du théorème de Guldin.* Note de M. **René Binaud**.

Les théorèmes de Guldin concernent, comme l'on sait, la surface et le volume d'un domaine annulaire de révolution, de méridienne donnée; le théorème sur le volume, auquel se rattache exclusivement la présente Note, avait d'ailleurs déjà été énoncé partiellement par Pappus.

A. *Le volume englobé par une courbe gauche fermée dans un mouvement conservant une droite ne dépend que des positions de départ et d'arrivée, nullement des positions intermédiaires.*

Corollaire de la permutabilité. Dans cet énoncé, les mouvement envisagés sont supposés réductibles les uns aux autres par modification continue.

B. *Dans le mouvement spatial d'un plan, les courbes de même centre de gravité engendrent des volumes proportionnels à leurs aires.*

C. *Dans le mouvement d'un cylindre droit, les deux bases engendrent des volumes égaux.*

D. *Le volume engendré par une courbe plane fermée tournant autour d'une droite est égal au produit de l'aire de la courbe, de la longueur de la circonférence décrite par son centre de gravité, et du sinus de l'angle sous lequel cette circonférence coupe le plan de la courbe; ou bien de l'aire de la courbe, de la longueur de la circonférence décrite par le pied de la perpendiculaire commune à l'axe de rotation et à l'axe de gravité principal, et du sinus de l'angle de ces deux axes.*

L'axe de gravité principal d'une courbe plane fermée est la perpendiculaire élevée à son plan en son centre de gravité.

Nous appellerons dans ce qui suit *équigénératrices* ou *équigradientes* des

courbes fermées qui, dans un mouvement quelconque de l'espace, englobent des volumes égaux.

E. *Les domaines plans de l'espace se composent, au point de vue des volumes cinématiquement engendrés, comme les vecteurs proportionnels à leurs aires qui leur sont élevés perpendiculairement en leurs centres de gravité respectifs.*

F. *La condition pour que deux domaines plans se composent, au même point de vue, en un domaine analogue, est que leurs axes de gravité principaux soient coplanaires, ou bien que l'intersection des deux plans soit perpendiculaire à la droite des deux centres de gravité.*

G. *Les perpendiculaires élevées en leurs centres de gravité aux faces d'un tétraèdre, d'un pentaèdre, d'un hexaèdre appartiennent respectivement à un hyperboloïde, à une congruence linéaire, à un complexe linéaire.*

H. *L'intégrale d'un vecteur égal à l'unité de longueur appliqué en tout point d'une surface fermée normalement à cette surface est un système de vecteurs nul.*

La valeur moyenne d'un vecteur égal à l'unité de longueur appliqué en tout point d'une portion de surface normalement à cette surface est un système de vecteurs ne dépendant que du contour; sa résultante générale est égale à l'unité de longueur; son axe central est perpendiculaire à la direction plane du contour.

Nous appellerons cet axe *axe cinétique* ou *axe de Guldin* de la courbe fermée dont il s'agit.

I. Théorème de Guldin généralisé. — *Le volume englobé par une courbe gauche fermée tournant autour d'une droite est égal à* $A \times 2\pi(\rho \sin\alpha - h\cos\alpha)$; A *désigne l'aire de la courbe,* h *une constante ne dépendant que de la courbe;* ρ *la plus courte distance de l'axe de Guldin et de l'axe de rotation,* α *l'angle de ces deux axes.*

J. *Le lieu des axes de rotation autour desquels la révolution de deux courbes fermées données engendre des volumes égaux est un complexe linéaire.*

Dans le théorème I, h était la constante du *complexe des volumes nuls*, ou *complexe de Guldin* de la courbe.

K. *Une courbe demeure équigradiente à elle-même dans les translations normales à sa direction de plans, et plus généralement dans les mouvements qui ne changent pas son axe de Guldin.*

L. *Une courbe gauche fermée, d'aire non nulle, admet un quadrilatère gauche équigradient, et même* ∞^6 *pareils quadrilatères.*

On pourra transporter à l'espace non euclidien la théorie actuelle. De

même que, dans le plan non euclidien, la théorie des vecteurs et de leur composition trouve sa représentation la plus simple et la plus intuitive dans celle des vecteurs de l'espace ordinaire tangents à une sphère et de leurs moments par rapport au centre, de même la notion du centre de gravité dans ce plan s'établit immédiatement en considérant à la surface d'une sphère une force attirante, passant par le centre, proportionnelle à l'élément d'aire; d'autre part, en géométrie non euclidienne (elliptique) de l'espace, un système de vecteurs, un complexe linéaire ont deux axes centraux, totalement perpendiculaires; enfin dans les formules ci-dessus, où figurent des aires et des longueurs, celles-ci doivent être remplacées par des lignes trigonométriques ou hyperboliques appropriées des mêmes grandeurs. Moyennant ces quelques modifications, et à l'exception du théorème C, la théorie précédente s'étendra à la géométrie non euclidienne.

GÉOMÉTRIE. — *Sur quelques propriétés des trièdres d'Appell.* Note de M. JACQUES DEVISME, présentée par M. Élie Cartan.

I. Nous avons déjà défini et utilisé à maintes reprises les trièdres d'Appell [1]. Nous les définirons ici par trois vecteurs $\vec{e}_1$, $\vec{e}_2$, $\vec{e}_3$, vérifiant les relations

$$\vec{e}_1^{\,3} = \vec{e}_2^{\,3} = \vec{e}_3^{\,3} = -2\vec{e}_1\vec{e}_2\vec{e}_3 = 1, \qquad \vec{e}_i^{\,2}\vec{e}_j = 0 \qquad (i \neq j = 1, 2, 3). \tag{1}$$

Les composantes relatives du déplacement infinitésimal d'un tel trièdre de sommet M sont les coefficients qui s'introduisent dans les formules [2]

$$\overrightarrow{dM} = \omega^1 \vec{e}_1 + \omega^2 \vec{e}_2 + \omega^3 \vec{e}_3,$$
$$\overrightarrow{de_i} = \omega_i^1 \vec{e}_1 + \omega_i^2 \vec{e}_2 + \omega_i^3 \vec{e}_3.$$

En différentiant les relations (1) on trouve que

$$\omega_1^1 = \omega_2^2 = \omega_3^3 = 0, \qquad \omega_1^2 = \omega_2^3 = \omega_3^1, \qquad \omega_1^3 = \omega_2^1 = \omega_3^2.$$

C'est le résultat auquel nous étions arrivés par une autre voie dans notre

---

(1) Voir notamment J. DEVISME, *Ann. Sc. Fasc. Sc. de Toulouse*, 3e série, **25**, 1933, p. 143-238, ou *Thèse*, Paris, 1933.

(2) E. CARTAN, *Exposés de Géométrie*, n° 5; *Actualités scientifiques et industrielles*, n° **194**, 1935.

Mémoire *Sur un espace dont l'élément linéaire est défini par*

$$ds^3 = dx^3 + dy^3 + dz^3 - 3\,dx\,dy\,dz$$

(*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 9e série, 19, 1940, p. 359-393).

Dans le cas où M décrit une courbe, si nous considérons le trièdre d'ordre 1 où $\vec{e_1}$ est tangent à la courbe, nous avons

$$\omega^2 = \omega^3 = 0.$$

Si nous posons $\omega^1 = ds$, $\omega_1^2 = p\,ds$, $\omega_1^3 = q\,ds$, nous avons

$$p^3 + q^3 = \frac{1}{R^3},$$

où R est le rayon de courbure que nous avons défini ailleurs (*Thèse citée* p. 58).

II. Considérons le système linéaire

$$\frac{d\alpha}{dt} = A\ \alpha + B\ \beta + C\ \gamma,$$
$$\frac{d\beta}{dt} = A'\alpha + B'\beta + C'\gamma,$$
$$\frac{d\gamma}{dt} = A''\alpha + B''\beta + C''\gamma,$$

où A, B, ... sont des fonctions de t. La condition nécessaire et suffisante pour qu'il admette une intégrale de la forme $\alpha^3 + \beta^3 + \gamma^3 - 3\alpha\beta\gamma = \text{const.}$ est exprimée par les relations

$$A = B' = C'', \qquad B = C' = A'', \qquad C = A' = B''.$$

Dans ce cas la connaissance d'une solution particulière α_0, β_0, γ_0 du système fournit immédiatement les deux intégrales

$$S(\alpha^2 - \beta\gamma)\alpha_1 = \text{const.}, \qquad S(\alpha_0^2 - \beta_0\gamma_0)\alpha = \text{const.};$$

on en déduit les conséquences d'usage.

III. Si nous considérons un trièdre d'Appell dépendant de deux paramètres u, v, nous aurons, en posant

$$\omega^1 = \xi\,du + \xi_1\,dv, \qquad \omega^2 = \eta\,du + \eta_1\,dv, \qquad \omega^3 = \zeta\,du + \zeta_1\,dv,$$
$$\omega_1^2 = p\,du + p_1\,dv, \qquad \omega_1^3 = q\,du + q_1\,dv,$$

les relations

$$\frac{\partial \xi_1}{\partial u} - \frac{\partial \xi}{\partial v} + (p\zeta_1 - p_1\zeta) + (q\eta_1 - q_1\eta) = 0, \qquad \frac{\partial \eta_1}{\partial u} - \ldots = 0, \qquad \frac{\partial \zeta_1}{\partial u} - \ldots = 0,$$

$$\frac{\partial p_1}{\partial u} - \frac{\partial p}{\partial v} = 0, \qquad \frac{\partial q_1}{\partial u} - \frac{\partial q}{\partial v} = 0.$$

Les seconds membres des équations de *Maurer-Cartan sont donc nuls.*

IV. Théorème. — *Considérons deux trièdres d'Appell de même sommet* OXYZ, Oxyz. *Les plans* XOx, YOy, ZOz *déterminent un trièdre d'Appell. Les plans* YOz, ZOy, XOx *sont concourants, soit* Oξ *l'intersection, on obtiendra de même* Oη, Oζ. *Le trièdre* O$\xi\eta\zeta$ *est un trièdre d'Appell.*

Soient maintenant deux droites d, δ concourantes. Considérons le trièdre d'Appell admettant le plan de ces droites pour face xOy. Soient les trièdres d'Appell OXYZ(OX $\equiv d$), O$\xi\eta\zeta$(O$\xi \equiv \delta$). Le plan ZOη coupe xOy suivant une droite Δ. Lorsque d tend vers δ, Δ tend vers la première normale à δ suivant la terminologie de M. Pierre Humbert.

Ces différentes notions seront utilisées dans un Mémoire qui paraîtra dans un autre Recueil.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Stabilité des figures d'équilibre d'un amas d'étoiles dont le centre décrit un cercle dans la Voie Lactée.* Note [1] de M. **Marcel Mayot**, présentée par M. Élie Cartan.

M. H. Mineur a montré [2] la possibilité de l'équilibre de condensations stellaires de forme ellipsoïdale dans la Voie Lactée : le centre de l'amas décrit un cercle, le grand axe est dirigé vers le centre galactique et le petit axe vers le pôle; la surface libre de l'amas assimilé à une masse fluide est une surface équipotentielle, la densité est supposée constante en première approximation; les rapports des axes B/A et B/C vérifient une relation

$$\psi\left(\frac{B}{A}, \frac{B}{C}\right) - \lambda\varphi\left(\frac{B}{A}, \frac{B}{C}\right) = 0,$$

λ étant une constante liée au potentiel V des forces extérieures auquel est soumis l'amas.

J'ai étudié la stabilité séculaire de cet amas de la façon suivante.

(1) Séance du 30 décembre 1940.

(2) *Annales d'Astrophysique*, 2, 1939, p. 1.

Si l'amas subit une petite déformation de façon que le volume reste constant, l'équilibre ne sera stable que si la variation $\delta^2 W$ de l'énergie potentielle totale

$$W = \frac{1}{2}\iint \frac{dm\,dm'}{r} + \int V\,dm$$

est négative. Cette variation, exprimée à l'aide des fonctions de Lamé, s'écrit

$$\delta^2 W = -2\pi \sum_i A_i^2 \iint \left(\frac{R_2 S_2}{3} - \frac{R_i S_i}{2n+1}\right) l M_i^2 N_i^2 \, d\sigma.$$

R_i, S_i sont des fonctions de Lamé de première et de seconde espèce d'ordre n; M_i, N_i les fonctions associées, $d\sigma$ l'élément d'aire de l'ellipsoïde, l est une fonction du paramètre ρ définissant cet ellipsoïde en coordonnées de Lamé; les coefficients A_i sont arbitraires mais petits, la déformation ζ comptée positivement sur la normale extérieure à l'ellipsoïde étant définie par un développement en série de Lamé

$$\zeta = \sum_i A_i l M_i N_i$$

La constance du volume entraîne

$$\iint \zeta \, d\sigma = 0,$$

l'ellipsoïde ne peut donc être une figure d'équilibre stable que si tous les coefficients

$$\frac{R_2 S_2}{3} - \frac{R_i S_i}{2n+1}$$

sont positifs. Ce sont les coefficients de stabilité de Poincaré, avec cette différence que la fonction $R_2 = \sqrt{\rho^2 - b^2}$ se rapporte à l'axe moyen et non au petit axe ([3]). Les seules fonctions de Lamé pour lesquelles le coefficient peut s'annuler sont

$$R_i = (\rho^2 - \alpha_1)(\rho^2 - \alpha_2)(\ldots)(\rho^2 - \alpha_k) \qquad (2k = n \text{ pair}),$$
$$R_i = \sqrt{(\rho^2 - a^2)}(\rho^2 - \alpha_1)(\rho^2 - \alpha_2)(\ldots)(\rho^2 - \alpha_k) \qquad (2k+1 = n \text{ impair}),$$

les nombres α étant compris entre a^2 et b^2 ($a^2 < b^2 < c^2$); les premières sont,

---

([3]) Poincaré, *Figures d'équilibre d'une masse fluide*, 1902, p. 147.

pour $n=2$,

$$R=\rho^2-\alpha,$$

α étant la racine de l'équation

$$\frac{1}{\alpha-a^2}+\frac{1}{\alpha-b^2}+\frac{1}{\alpha-c^2}=0$$

comprise entre a^2 et b^2; pour $n=3$,

$$R=\sqrt{\rho^2-a^2}(\rho^2-\alpha),$$

α étant la racine de l'équation

$$\frac{3}{\alpha-a^2}+\frac{1}{\alpha-b^2}+\frac{1}{\alpha-c^2}=0$$

comprise entre a^2 et b^2.

Lorsque l'ellipsoïde est voisin d'une sphère, tous les coefficients de stabilité sont positifs, et les figures voisines de la sphère sont stables; il y aura instabilité quand l'un des coefficients sera nul; quand on s'écarte de la forme sphérique, le coefficient correspondant à $n=2$

$$\frac{R_2 S_2}{3}-\frac{R_i S_i}{5}$$

s'annule le premier. En prenant $\lambda=2{,}897$ (voisinage du Soleil), les seules figures d'équilibre stable sont celles pour lesquelles on a

$$0{,}510<\frac{B}{A}<1, \qquad 1<\frac{B}{C}<1{,}368.$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur une représentation du corpuscule de spin 2.* Note [1] de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Si l'on considère l'équation d'ondes obtenue par la combinaison de deux équations d'ondes du premier type de Proca [2], soit

$$\sum_{\mu}^{4}{}_{1}\,\partial_\mu\,\frac{1}{2}[(e^{\mu 0}+e^{0\mu})_{il}\,\delta_{km}+(e^{\mu 0}+e^{0\mu})_{km}\,\delta_{il}]\psi_{lm}=\lambda\psi_{ik} \qquad \left(\lambda=\frac{2\pi}{h}m_0 c\right),$$

on peut montrer que les ψ_{ik} se comportent au point de vue tensoriel comme

---

(1) Séance du 30 décembre 1940.

(2) *J. de Physique*, 7, août 1926, p. 347.

l'ensemble d'un invariant (ψ_{00}), de deux vecteurs ($\psi_{0\mu}$ et $\psi_{\mu 0}$) et d'un tenseur complet du second ordre ($\psi_{\mu\nu}$).

Si l'on considère maintenant les fonctions d'ondes Φ et φ définies à partir des ψ_{ik}, d'une part $\Phi_{00}=\psi_{00}$, $\Phi_{\mu\mu}=\psi_{\mu\mu}$, $\Phi_{\mu\nu}=\Phi_{\nu\mu}=(1/2)(\psi_{\mu\nu}+\psi_{\nu\mu})$ et d'autre part $\varphi_{\mu}=(1/2)(\psi_{\mu 0}-\psi_{0\mu})$, $\varphi_{\mu\nu}=-\varphi_{\nu\mu}=(1/2)(\psi_{\mu\nu}-\psi_{\nu\mu})$, on voit facilement qu'il n'y a pas mélange des ondes symétriques Φ avec les ondes antisymétriques φ, ni dans une transformation de Lorentz, ni au cours du temps s'il n'y a pas mélange à l'instant initial. Par suite les ondes Φ peuvent être considérées indépendamment des ondes φ.

Les équations d'ondes (1) se décomposent alors en deux systèmes que nous écrivons

$$(2a)\quad \begin{cases} 2\lambda\,\Phi_{\mu\nu}=\partial_{\mu}\Phi_{\nu}+\partial_{\nu}\Phi_{\mu}, \\ 2\lambda\,\Phi_{\mu\mu}=2\,\partial_{\mu}\Phi_{\mu}, \\ 2\lambda\,\Phi_{00}=2\,\Sigma_{\mu}\,\partial_{\mu}\Phi_{\mu}, \\ 2\lambda\,\Phi_{\mu}=\partial_{\mu}[\Phi_{00}+\Phi_{\mu\mu}]+\sum_{\nu\neq\mu}\partial_{\nu}\Phi_{\mu\nu}; \end{cases}$$

$$(2b)\quad \begin{cases} 2\lambda\,\varphi_{\mu}=\Sigma_{\nu}\,\partial_{\nu}\varphi_{\mu\nu}, \\ 2\lambda\,\varphi_{\mu\nu}=\partial_{\nu}\varphi_{\mu}-\partial_{\mu}\varphi_{\nu}. \end{cases}$$

On voit immédiatement que le système ($2b$) représente le second corpuscule de Proca, c'est-à-dire un corpuscule (mésoton ou photon) de spin 1.

Le système des équations ($2a$) représente un corpuscule d'un type nouveau dont nous allons montrer que le spin est 2 et dont les fonctions d'ondes sont représentées au point de vue tensoriel par l'ensemble d'un invariant, d'un vecteur et d'un tenseur symétrique du second ordre.

Les équations ($2a$) s'écrivent encore

$$(3)\qquad \sum_{1}^{4}{}_{\mu}\,\partial_{\mu}(\Gamma^{\mu})_{ik}\Phi_{k}=\lambda\Phi_{i},$$

en posant

$$\Gamma^{\mu}=\frac{1}{2}[e^{\mu\nu,\nu}+e^{\mu\rho,\rho}+e^{\mu\lambda,\lambda}+e^{\nu,\mu\nu}+e^{\rho,\mu\rho}+e^{\lambda,\mu\lambda}+e^{\mu,00}+e^{\mu,\mu\mu}+2(e^{\mu\mu,\mu}+e^{00,\mu})].$$

En remarquant que l'on peut écrire Γ^{μ} sous la forme

$$2\,\Gamma^{\mu}=A^{\mu}+B^{\mu}\quad\text{avec}\quad A^{\mu^{3}}=A^{\mu},\qquad B^{\mu^{3}}=4\,B^{\mu},\qquad A^{\mu}B^{\mu}=0,$$

on voit facilement que Γ^{μ} satisfait à l'équation

$$4\,\Gamma_{\mu}^{5}-5\,\Gamma_{\mu}^{3}+\Gamma_{\mu}=0.$$

qui montre que les valeurs propres de Γ^μ, matrice du quinzième rang, sont $0, \pm 1/2, \pm 1$.

D'autre part la matrice Γ^0 telle que

$$\Gamma^0 = [e^{00,00} + e^{44,44} + \Sigma_p e^{pp,pp} + e^{4,4} - \Sigma_p e^{p,p} + \Sigma_{(pq)} e^{pq,pq} - \Sigma_p e^{p4,p4}]$$

satisfait aux relations

$$\Gamma_0^2 = 1 \qquad \Gamma_0 \Gamma^4 = \Gamma^4 \Gamma^0, \qquad \Gamma^0 \Gamma^p + \Gamma^p \Gamma^0 = 0.$$

Par suite les matrices $\Gamma^0 \Gamma^4 = A^4$ et $-i \Gamma^0 \Gamma^p = A^p$ ont les mêmes valeurs propres que les matrices Γ^μ.

L'équation (3), multipliée par $i\Gamma^0$, s'écrit alors

$$\partial_t A_t \Phi = \left(\sum_{1}^{3}{}_p \, \partial_p A_p + \lambda i A_0 \right) \Phi,$$

en posant

$$2 A_4 = [2(e^{00,4} + e^{44,4}) + (e^{4,00} + e^{4,44}) - \Sigma_p (e^{p,4p} + e^{4p,p})]$$
$$2 A_p = i[(e^{p,00} + e^{p,pp}) - 2(e^{pp,p} + e^{00,p}) + e^{p4,4} - e^{4p,4} + e^{q,pq} - e^{pq,q} + e^{r,pr} - e^{pr,r}]$$

On voit alors, en tenant compte de la relation

$$\Gamma^{\mu 2} \Gamma^\nu + \Gamma^\nu \Gamma^{\mu 2} - 2 \Gamma^\mu \Gamma^\nu \Gamma^\mu = \frac{1}{4} \Gamma^\mu,$$

que la matrice de spin σ^{pq} telle que $S^{pq} = -(h/2\pi)\sigma^{pq}$ qui doit satisfaire à l'équation

$$A_p \sigma^{pq} - \sigma^{pq} A_p = -i A_q$$

peut se représenter par la combinaison

$$\sigma^{pq} = 4i(\Gamma^p \Gamma^q - \Gamma^q \Gamma^p).$$

Un calcul facile montre que σ^{pq} a les valeurs propres $0, \pm 1, \pm 2$, ce qui donne les valeurs propres de S^{pq}, $0, \pm h/2\pi, \pm 2(h/2\pi)$.

Posant

$$\Phi_{\mu\nu} = \frac{1}{\sqrt{2\lambda}} T^{\mu\nu}, \qquad \Phi_\mu = \sqrt{2\lambda} A^\mu$$

le système (2^a) devient

$$T^{\mu\nu} = \partial_\mu A^\nu + \partial_\nu A^\mu,$$
$$T^{\mu\mu} = 2 \partial_\mu A^\mu, \qquad T^{00} = 2 \Sigma_\mu \partial_\mu A^\mu = \Sigma_\mu T^{\mu\mu},$$
$$4\lambda^2 A^\mu = \partial_\mu (T^{00} + T^{\mu\mu}) + \Sigma_{\nu \neq \mu} \partial_\nu T^{\mu\nu}.$$

Ces équations entraînent les équations du second ordre

$$\square A^{\mu} = 4\lambda^2 A^{\mu} - \frac{3}{2}\partial_{\mu} T^{00},$$

$$\square T^{\mu\nu} = 4\lambda^2 T^{\mu\nu} - 3\partial_{\mu}\partial_{\nu} T^{00},$$

$$\square T^{00} = \lambda^2 T^{00}.$$

Si l'invariant T^{00} est nul, il reste

$$T^{\mu\nu} = \partial_{\mu} A^{\nu} + \partial_{\nu} A^{\mu}, \qquad 4\lambda^2 A^{\mu} = \sum_{\nu=1}^{4} \partial_{\nu} T^{\mu\nu}, \qquad \sum_{\mu=1}^{4} \partial_{\mu} A^{\mu} = 0,$$

$$\square A^{\mu} = 4\lambda^2 A^{\mu}, \qquad \square T^{\mu\nu} = 4\lambda^2 T^{\mu\nu}.$$

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'absorption de certains esters d'alcoyl par les nitrocelluloses.* Note de M. **Jean Desmaroux**, Mlle **Thérèse Petitpas** et M. **Gérard Desseigne**, présentée par M. Aimé Cotton.

Comme contribution à l'étude du mécanisme de solubilité des nitrocelluloses, nous avons étudié l'absorption par des fibres de ramie nitrée de divers esters d'acides organiques. Notre étude a porté sur les acétates de méthyle, éthyle, propyle, butyle, amyle-n. et isoamyle, et sur les esters méthyliques des acides propionique, butyrique, caproïque et diéthylacétique. Tous les esters employés étaient soigneusement redistillés et séchés.

Le tableau ci-contre est relatif à une absorption en milieu vapeur suivant le mode opératoire qui a déjà été décrit dans plusieurs Mémoires antérieurs [1]. On donne

$$N_2 = \frac{G_2}{G_2 + R}$$

en fonction de C, concentration du gélatinisant dans la solution huileuse.

G_2, nombre de mol. de gélatinisant dans la phase fibreuse;
R, nombre de groupes C_6 (température 40° C).

A partir de l'acétate de propyle et surtout de l'acétate de butyle, on a

---

[1] J. Desmaroux et M. Mathieu, *Mémorial des Poudres*, 26, 1934-35, p. 180; 28, 1938, p. 204; M. Mathieu, *Gélatinisation des nitrocelluloses*, Paris, 1935; Th. Petitpas, *J. Chim. Phys.*, 37, 1940, p. 6.

Acétate de méthyle.

C %.	N^2 dinitro.	C %.	N^2 trinitro.
1,8	0,05	2,4	0,13
3,6	0,12	4,5	0,16
5,6	0,13	4,55	0,23
13,0	0,38	7,9	0,22
14,9	0,42	9,6	0,28
21,0	0,40	16,1	0,42
25,6	0,54	20,2	0,50
29,0	0,60	23,2	0,50
29,0	0,73	53,0	0,60
soluble		78,0	0,65
		89,9	0,65
		100	0,80

Acétate d'éthyle.

C %.	N^2 dinitro.	C %.	N^2 trinitro.
4,7	0,14	2,0	0,07
8,2	0,21	4,8	0,17
18,1	0,41	9,4	0,27
27,4	0,58	19,9	0,41
33,2	0,64	25,1	0,48
47,5	0,72	27,9	0,55
64,1	0,79	37,0	0,55
soluble		42,1	0,59
		48,7	0,65
		58,7	0,71
		67,3	0,70
		80,0	0,78
		82,6	0,88
		100	soluble

Acétate de propyle.

C %.	N^2 dinitro.	C %.	N^2 trinitro.
5,1	0,065	4,7	0,14
9,4	0,14	9,5	0,23
17,4	0,27	14,8	0,21
27,5	0,49	17,8	0,29
36,4	0,59	22,2	0,28
54,7	0,69	31,0	0,41
66,5	0,79	39,2	0,54
soluble		46,8	0,56
		50,8	0,63
		58,5	0,64
		79,5	0,79
		100	0,91

Acétate de butyle.

C %.	N^2 dinitro.	C %.	N^2 trinitro.
9,8	0,076	5,5	0,083
18,9	0,25	10,0	0,20
28,0	0,46	18,7	0,30
36,7	0,60	27,8	0,36
46,5	0,67	37,3	0,47
59,7	0,74	56,0	0,65
soluble		77,6	0,83
		100	soluble

Acétate d'amyle n.

C %.	N^2 dinitro.	C %.	N^2 trinitro.
3,6	0	4,8	0,056
9,3	0	11,6	0,13
20,6	0,053	18,3	0,21
23,6	0,080	24,5	0,29
28,5	0,24	30,6	0,36
35,4	0,57	37,6	0,41
52,6	0,61	55,4	0,60
soluble		73,3	0,72
		100	soluble

Acétate d'isoamyle.

C %.	N^2 dinitro.	C %.	N^2 trinitro.
4,8	0	4,8	0,08
10,1	0,016	13,9	0,18
14,4	0,029	18,0	0,27
18,9	0,077	18,5	0,26
27,5	0,18	22,5	0,29
36,3	0,54	35,9	0,40
45,2	0,64	45,8	0,50
55,9	0,70	47,5	0,47
66,2	0,75	65,9	0,68
76,8	0,78	77,2	0,72
87,8	0,80	100	0,78
100	0,84		

Propionate de méthyle.

C %.	N^2 dinitro.	C %.	N^2 trinitro.
8,9	0,22	8,7	0,22
18,2	0,30	17,0	0,32
25,5	0,41	28,2	0,45
37,0	0,54	48,0	0,55
45,0	0,51	60,7	0,56
48,0	0,64	71,0	0,65
63,8	0,67	87,9	0,72
soluble		100	0,84 (*)

Butyrate de méthyle.

C %.	N^2 dinitro.	C %.	N^2 trinitro.
4,1	0,1	9,3	0,17
7,0	0,1	23,05	0,30
13,3	0,23	28,4	0,31
21,1	0,28	39,9	0,48
22,4	0,30	58,1	0,56
32,3	0,41	78,9	0,69
48,0	0,67	100	0,84
75,5	0,84		
100	soluble		

Diéthyl acétate de méthyle.

C %.	N^2 dinitro.	C %.	N^2 trinitro.
20,1	0	20,7	0,12
52,2	0,18	50,9	0,35
79,8	0,76	79,9	0,48
100	0,89	100	0,57

Caproate de méthyle.

C %.	N^2 dinitro.	C %.	N^2 trinitro.
19,7	0,04	19,7	0,24
48,5	0,35	50,2	0,42
77,7	0,78	79,3	0,63
100	0,89	100	0,66 (*)

(*) Soluble dans le liquide.

observé pour la première fois *une différence dans le comportement des fibres en fonction du taux d'azote*; les courbes d'absorption ne se superposent plus. On observe aussi des différences de solubilité dans les différents isomères suivant la forme de la chaîne de l'ester.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Études des structures des phases fibreuses nitrocellulose-acétates d'alcoyl, nitrocellulose-acétone.* Note de Mlle **Thérèse Petitpas** et M. **Marcel Mathieu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons suivi à l'aide des diagrammes de rayons X l'évolution de la structure des phases fibreuses constituées par la ramie nitrée en équilibre avec la vapeur d'un gélatinisant et étudiées précédemment [1]. Avec les ramies nitrées en dinitrocellulose le diagramme évolue régulièrement jusqu'à ce que la concentration moléculaire en gélatinisant atteigne $N_2 = 0,5$. Les taches observées sont trop diffuses pour qu'il soit possible de faire des mesures précises.

Au delà de cette concentration l'altération de la structure devient telle que rapidement on ne peut plus interpréter les diagrammes.

Avec des ramies fortement nitrées, au contraire, on obtient des diagrammes très nets, portant de nombreuses taches sur l'équateur et des arcs sur l'axe perpendiculaire à l'équateur. Les diagrammes se précisent à mesure que s'accroît, dans les fibres, la concentration en gélatinisant jusqu'au type finalement obtenu. Le maximum de netteté à lieu pour $N_2 = 0,5$. Cette netteté se conserve tant que la matière cellulosique reste fibreuse. De plus les positions des taches ne changent plus en fonction de la concentration quand N_2 dépasse 0,5.

La gélatinisation, quand elle se produit, a lieu pour $N_2 = 0,8$ environ.

Tant que N_2 n'a pas atteint la valeur 0,5 les diagrammes peuvent s'interpréter comme dus à des cristaux mixtes formés de nitrocellulose et du composé à 0,5 de gélatinisant. Sur ces diagrammes, la tache qui provient du grand écartement réticulaire est floue. Elle occupe une position intermédiaire variable avec la concentration N_2.

---

(1) Jean Desmaroux, Thérèse Petitpas et Gérard Desseigne, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 50.

Les tableaux suivants donnent les mesures faites sur les diagrammes stabilisés de la ramie trinitrée.

Ester.	Distances équatoriales mesurées.						Distances correspondant aux arcs, sur un arc perpendiculaire à l'équateur.	
Acétate de méthyle......	15,7	9,6	7,3	5,2	4,1	3,9	5,0	3,4
» d'éthyle........	16,3	9,4	7,3	–	4,3	–	5,1	3,5
» de propyle......	16,9	9,4	7,3	–	4,4	–	5,3	3,6 (*)
» de butyle.......	17,6	9,2	7,3	–	4,3		–	–
Propionate de méthyle..	16,3	9,4	7,3	–	4,3	–	–	–
Butyrate » ..	16,6	9,3	7,3	–	4,3	–	–	–

(*) Arcs B_1 et B_2 de la trinitro.

Les diagrammes observés peuvent être interprétés par des mailles monocliniques définies par les paramètres suivants obtenus par une concentration géométrique à partir du réseau polaire. Ces valeurs sont connues à 3 % près (erreur maximum).

Ester.	a.	β.	c.	b (axe de fibre). (en Å).
Acétate de méthyle......	36	60°	10	5,1
» d'éthyle.........	38	59	10	5,1
» de propyle........	40	58	10	5,1
» de butyle..........	42	57	10	5,1
Acétone (*).............	34	60	10	5,1

(*) En présence de traces d'eau ou d'alcool.

Il est curieux de constater que le diagramme décrit par Kurt Hess ([2]), puis par M. Mathieu ([3]), de la substance désignée sous le nom *d'acétone-trinitrocellulose*-1 rentre dans la systématique qui groupe les diagrammes donnés par les acétates d'alcoyles.

On constate que les deux isomères, le propionate de méthyle et l'acétate d'éthyle conduisent aux mêmes diagrammes; de même les deux isomères, l'acétate de propyle et le butyrate de méthyle donnent des mesures très voisines bien que non tout à fait identiques.

A partir du groupe des différents esters isomères de poids moléculaire 130

([2]) Kurt Hess, Trogus et Tomonari, *Z. phys. Chem.*, 16, 1932, p. 351.

([3]) *Thèse*, Paris, 1936, p. 138.

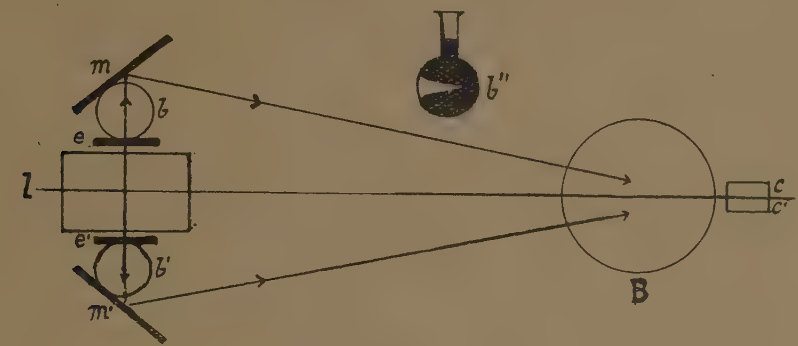
(acétates d'amyle normal et d'isoamyle, caproate de méthyle et diéthyl acétate de méthyle) on n'obtient plus de diagramme correspondant à une substance bien cristallisée. Toutes les taches deviennent larges et faibles, et l'on a seulement près du centre, c'est-à-dire correspondant au grand écartement, une tache qui reste assez intense mais étalée vers le centre. Si l'on essaye de mesurer l'écartement auquel elle correspond, on ne trouve pas une valeur qui entre d'une manière convenable dans la série donnée pour les esters à chaînes plus courtes. On trouve une valeur trop forte.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dispositif optique simple pour effectuer des mesures par indicateurs fluorescents.* Note de M. **Clément Duval**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans le double but d'obtenir avec précision le moment du virage avec un indicateur fluorescent utilisé pour effectuer une volumétrie et de comparer commodément les teintes obtenues dans la détermination du pH par la méthode des tampons, j'utilise un montage optique pouvant être constitué avec les ressources d'un laboratoire ordinaire de chimie, à l'exclusion de toute pièce coûteuse; je mets à profit les remarques faites par M. A. Cotton sur l'emploi comme condenseurs de ballons pleins de liquides. La lampe productrice de rayons ultraviolets 1 (voir la fig.), lampe pouvant envoyer des rayons dans deux directions opposées, est enfermée dans une boîte métallique portant deux ouvertures latérales symétriques, circulaires, de 5 à 6^{cm} de diamètre. Contre chacune de ces ouvertures, en e, e', est disposé un écran verre gélatine à base de cuivre et d'hématoxyline que j'ai décrit avec Lecomte dans une Note précédente [1]. Ces écrans laissent passer 73 % de la radiation 3660 Å et une faible portion de lumière violette ne gênant pas pour le but proposé. (Associés à un verre à l'oxyde de nickel, ils arrêteraient complètement le rayonnement visible et seraient

(1) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 205. Je signale à cette occasion que l'on peut constituer soi-même de bonnes lunettes protectrices pour ultraviolet en découpant des rondelles dans une lame de cellophane ou dans une plaque de verre gélatiné, immergée pendant une heure dans une solution aqueuse concentrée d'acide picrique. Cet écran ne transmet que 0,5 % de la raie 3660 Å, il devient brusquement transparent dans le violet et sa faible couleur jaune ne gêne pas l'examen des substances fluorescentes.

commodes pour l'examen des couleurs de fluorescence.) Un petit ballon de verre mince b, b' de 100^{cm^3}, à fond plat, rempli d'eau ou de tétrachlorure de carbone, est disposé contre chaque écran et joue le rôle de condenseur. Deux miroirs plans ordinaires m, m' dirigent les deux faisceaux



Dispositif optique simple.

vers un troisième ballon B, d'un litre, disposé dans l'axe de la lampe et rempli comme les premiers. C'est derrière ce ballon B qu'est placée la substance à examiner. Pour régler commodément les miroirs, il suffit de déplacer sur le trajet des faisceaux réfléchis, une petite plaquette recouverte d'une substance fluorescente, un vase contenant une solution alcoolique de fluorescéine, ou simplement encore la main de l'opérateur, les ongles étant tournés vers la source.

Premier cas. — Il s'agit d'un dosage volumétrique : ce sera, pour préciser, le dosage d'un vinaigre coloré ou d'un vin rouge, sur 1^{cm^3} de liquide, avec la soude N/1000 versée avec la microburette et le β-naphtol ou l'éosine B. N. comme indicateur. L'un des ballons b est supprimé et le dosage s'effectue dans un petit ballon de 10^{cm^3}. La caustique obtenue a une forme caractéristique représentée à part, sur la figure en b''. Au cours du titrage, on examine surtout le point de rebroussement de cette développée dont la position et l'éclat changent brusquement au moment du virage. Dans notre montage, le ballon B est à une distance de $2^{m},50$ de la lampe. On gagne encore en précision si l'on s'arrange pour que la caustique soit coupée en deux par la surface libre du liquide à doser, surtout si l'examen se fait de dessus. L'endroit où l'on remet le petit ballon b après addition a peu d'importance à cause de la forme des condenseurs. Comme en volumétrie ordinaire, la précision est augmentée si l'on assiste à une disparition de fluorescence (cas du β-naphtol) plutôt qu'à une apparition (cas de

l'éosine B. N.). Il vaut mieux, dans cette hypothèse, verser le vinaigre dans un volume donné de soude.

Deuxième cas. — Il s'agit d'une mesure de pH. Les deux ballons *b* et *b'* sont en place et derrière le ballon B, on dispose deux petites cuves parallèles, identiques, dont la position est fixée par un guide; elles ont une forme demi-cylindrique et une capacité de 5^{cm^3}; elles contiennent initialement le même liquide coloré ou non avec une trace de rhodamine 6G qui n'est pas sensible à l'action du pH. Si le montage est bien symétrique, on observe dans ces cuves les deux caustiques identiques, de même longueur et ayant leurs axes sensiblement parallèles. L'examen se fait toujours de haut en bas. La gamme des indicateurs et les tampons employés sont classiques et ne donnent lieu à aucune remarque spéciale.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'emploi des baromètres à mercure du type à large cuvette.* Note de M. **Louis Cagniard**, présentée par M. Charles Maurain.

Les valeurs horaires de la pression barométrique, cataloguées dans les Annuaires météorologiques, y sont exprimées en dixièmes de millimètre de mercure ou en dixièmes de millibar. Le choix de cette unité correspond à peu près à la précision expérimentale obtenue, dans une mesure isolée, à l'aide des bons baromètres météorologiques. L'usage s'est établi d'exprimer et de cataloguer les moyennes en centièmes de millimètre ou de millibar, car on espère, à juste titre, que les erreurs *accidentelles* entachant chaque mesure isolée se compensent en grande partie lorsqu'on calcule la moyenne d'une longue série de mesures.

Effectivement, un graphique des moyennes horaires pour l'année entière, traduisant la petite variation journalière de la pression en un lieu donné, présente une allure régulière, compte tenu des centièmes. Cependant la régularité d'un tel graphique ne doit pas faire illusion. Si, par exemple, les corrections de température étaient systématiquement, même grossièrement faussées, l'allure du graphique s'en trouverait modifiée, mais n'en resterait pas moins régulière, car les fluctuations de la température du baromètre présentent, elles aussi, une régularité moyenne.

Si donc il est logique de conserver le chiffre des centièmes dans l'expression des moyennes, le procédé n'est cependant parfaitement correct que si

toute erreur *systématique* pouvant dépasser le centième est soigneusement évitée. Or la méthode actuellement suivie entraîne des erreurs systématiques beaucoup plus importantes qui peuvent, avec certains baromètres, dépasser largement le dixième de millimètre.

Les erreurs en question interviennent dans l'emploi des Tables par lesquelles on réduit en hauteur H_0 de mercure à zéro, les observations qu'on a réellement effectuées à la température t. Dans le cas d'un baromètre *normal*, H_0 se calcule à partir de la dénivellation H_t, lue à la température t, à l'aide de la formule classique

$$H_0 = H_t \frac{1+\alpha t}{1+Kt}, \tag{1}$$

dans laquelle α et K désignent respectivement les coefficients de dilatation linéaire de l'échelle et cubique du mercure.

Or le baromètre presque toujours utilisé dans les stations météorologiques, du fait de sa précision, de sa facilité comme de sa rapidité de lecture supérieures, n'est pas un baromètre normal, mais un baromètre du type à large cuvette. C'est bien à tort qu'on applique à ce baromètre la formule de réduction ci-dessus rappelée.

Soient z_1 et z_2 les deux niveaux du mercure, s la section intérieure du tube, S la différence entre la section intérieure de la large cuvette et la section extérieure du tube, V le volume de tout le mercure du baromètre. *A température constante*

$$s\,dz_2 + S\,dz_1 = dV = 0 \tag{2}$$

ou

$$z_2 - z_1 = z_2\left(1+\frac{s}{S}\right) + \text{const.} \tag{3}$$

Il résulte de là qu'on peut calculer la dénivellation $z_2 - z_1$ à partir de la lecture du seul niveau z_2. Or la température n'est pas constante et l'on semble oublier que s, S, principalement V sont des fonctions de t. La formule (3) n'est donc pas exacte. Une correction *préalable* doit lui être apportée pour déterminer $z_2 - z_1$ à partir de z_2. Cette correction *préalable* ne dispense évidemment pas des corrections ultérieures de réduction en mercure à zéro.

Le calcul correct est, bien entendu, des plus élémentaires. Il conduit à

une formule de réduction un peu plus compliquée que (1), dont la forme même est différente. Cette petite complication n'entraîne d'ailleurs aucune difficulté pratique puisqu'elle n'intervient que dans le calcul des tables de réduction, calcul effectué une fois pour toutes pour un baromètre de caractéristiques données. On n'oubliera pas que, dans le calcul de la table en question, l'on devra conserver *au moins* le chiffre des centièmes. On n'arrondira *après coup* au dixième le plus voisin qu'au moment de l'édition de la table *usuelle*.

Je me bornerai à indiquer ici que l'écart *principal* entre la formule correcte et la formule incorrecte réside dans un terme supplémentaire soustractif dont l'ordre de grandeur est kht, h désignant la hauteur à laquelle s'élèverait le mercure au-dessus du fond d'une cuvette de section S, en supposant la *totalité* du mercure du baromètre versée dans une telle cuvette.

Dans les baromètres de construction française, il semble que $S = 100\,s$. Dans ces conditions, h est heureusement aussi petit que possible et ne doit pas dépasser 2 à 3^{cm}. Toutefois h croît très vite quand le rapport S/s des sections diminue. Il semble que certains constructeurs étrangers, pour augmenter le diamètre du tube barométrique et ne pas accroître exagérément le poids de l'instrument, ont adopté des rapports de l'ordre de 20. h est alors de l'ordre de 6^{cm}. Avec un rapport de l'ordre de 10, h s'élèverait à 10^{cm}.

Supposons que h soit seulement de 2 à 3^{cm}. Pour $t = 20°$ (les tables de Angot s'étendent jusqu'à 40°), l'écart atteint déjà l'ordre de grandeur du dixième de millimètre. C'est assurément peu sur une mesure isolée, mais cela suffit pour modifier le chiffre des dixièmes dans un nombre de la table sur deux, dès la température de 10°, pour accroître tous les nombres d'un dixième au voisinage de 20°, parfois de deux dixièmes au delà.

Il apparaît aussi que des fluctuations journalières de quelques degrés seulement dans la température du baromètre se traduisent, lorsque les tables sont incorrectes, par des fluctuations parasites de quelques centièmes dans les moyennes horaires.

De telles erreurs sont des minima. Elles s'exagèrent pour des rapports de sections dont la valeur est moindre ou pour des baromètres dont les cuvettes sont inutilement et exagérément profondes.

GÉNÉTIQUE. — *Sur l'analyse génétique des asques du* Podospora anserina. Note [1] de M. **Georges Rizet**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Les asques du *Podospora anserina* contiennent généralement quatre spores binucléées et bisexuées mais ils donnent lieu quelquefois à la production de spores simples uninucléées et unisexuées. Il semble, en particulier, que chacune des spores binucléées soit remplaçable par deux spores simples de *signes* complémentaires.

La production de telles spores traduit bien certainement l'existence d'une ségrégation des *sexes* au cours de l'histoire de l'asque; l'homothallisme des souches issues de spores normales s'expliquerait alors par la coexistence dans leur mycélium des facteurs déterminant l'un et l'autre *sexe* [2].

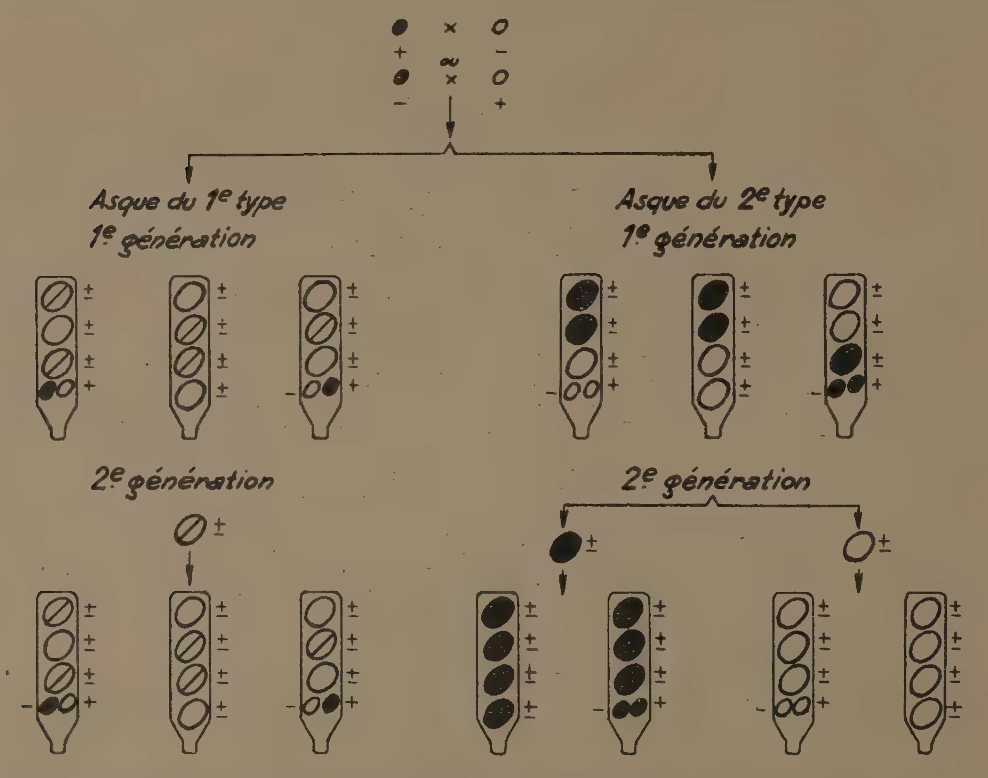
L'étude que nous avons faite de ce *Podospora* nous a permis d'observer un autre exemple de ségrégation; nous avons rapproché en cultures mixtes des souches unisexuées et de *signes* contraires dont l'une présentait un mycélium coloré et l'autre un mycélium incolore : le plus souvent les asques que nous avons ainsi obtenus répondent à l'analyse que nous avons déjà donnée [2] et en particulier si deux spores simples tiennent la place d'une spore normale l'une fournit un mycélium coloré l'autre un mycélium incolore; chacune des spores normales issues de ce croisement est homothallique et peut être ainsi l'origine d'une nouvelle génération : l'étude que nous avons faite d'asques nouveaux ainsi obtenus nous les a révélés identiques aux précédents. Chacune de ces spores binucléées semble donc contenir en puissance les facteurs *mycélium coloré* et *mycélium incolore*, comme on pouvait le supposer et comme le laissaient prévoir les mycéliums qu'elles fournissent [3] mais, de plus, ces facteurs paraissent capables de s'isoler à la génération fille.

Mais il nous a été permis d'observer également, beaucoup moins fréquemment d'ailleurs et en mélange avec les précédents dans les mêmes périthèces, des asques bien différents : chacun d'eux contient deux spores

---

(1) Séance du 15 mai 1940.
(2) *Annals of Botany*, 45, 1931, p. 14.
(3) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 771.

normales capables de fournir des mycéliums incolores et deux spores normales capables de donner lieu au développement de mycéliums colorés; chacune de ces spores doubles bisexuées paraît aussi remplaçable par deux spores simples unisexuées de signes complémentaires, mais par deux spores produisant des mycéliums tous deux incolores ou tous deux colorés; chacune est apte également à fournir une génération nouvelle, mais celle-ci



Representation schématique des divers types d'asques observés

O = Spore donnant naissance à un mycélium blanc
● = ——— vert
Ø = ——— blanc avec trainées vertes

donnera lieu à la production de mycéliums fils soit tous incolores, soit tous colorés.

L'existence, dans un asque, de deux spores simples fournissant des mycéliums de coloration différente, traduisait déjà l'existence d'une ségrégation; l'étude des spores binucléées, issues des mêmes asques, nous

conduit à des résultats analogues et nous montre l'indépendance dans un même mycélium des caractères *coloré* et *incolore;* enfin l'existence d'un type d'asques nouveau, dont les spores fournissent des mycéliums où ces caractères sont groupés d'une manière différente, s'ajoute heureusement aux faits précédents pour nous confirmer le caractère nettement mendélien de cette ségrégation.

Les résultats que nous fournit l'étude des asques du deuxième type nous montrent encore par une voie nouvelle, que la ségrégation des colorations peut ne pas se produire en même temps que la ségrégation des sexes.

Il nous paraît intéressant enfin de dire quelques-uns des faits que nous observons avec le langage de la théorie nucléaire de l'hérédité : si nous envisageons la coloration de nos souches issues de spores, doubles, bisexuées, normales, nous reconnaissons des souches hétérocaryotiques (asques du 1er type) et des souches homocaryotiques (incolores ou colorées-asques du 2e type) mais si nous envisageons leur valeur sexuelle toutes sont hétérocaryotiques par rapport à ce caractère. Le bien-fondé de cette conception serait de nature à nous montrer le rôle joué par la différence sexuelle dans le déterminisme du groupement des noyaux dans la formation des spores binucléées chez ce *Podospora* aux asques tétrasporés.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Il est possible d'adapter directement au poumon de Souris un virus de typhus historique isolé et conservé sur Cobaye.* Note de MM. Paul Giroud et René Panthier, présentée par M. Émile Roubaud.

Paul Durand et Hélène Sparrow [1] ont obtenu dans le poumon de la Souris la culture des rickettsies du typhus historique à partir de l'intestin de Pou infecté. Nous nous sommes demandés, vu l'intérêt de la question, s'il n'était pas possible d'adapter directement au poumon de Souris un virus de typhus historique isolé et conservé sur Cobaye.

Nous avions déjà constaté des résultats partiels chez la Souris à l'aide des lésions pulmonaires du Cynocéphale et du Cobaye, infectés par voie péritonéale.

---

[1] *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 420.

Nos essais présents ont surtout été faits au départ de la vaginale du Cobaye, essais analogues à ceux qui nous avaient permis d'adapter au poumon de Souris une souche de Fièvre pourprée (souche Parker) et notre virus boutonneux (souche Juan).

La souche de typhus historique que nous avons employée (souche Tunis Rabta), après une incubation de 7 ou 8 jours provoque chez le Cobaye mâle une hyperthermie et un léger exsudat au niveau des vaginales. A côté de cette évolution habituelle on peut noter exceptionnellement une évolution particulière avec une courte période d'incubation et une inflammation intense de la vaginale ([2]). Ces variations se produisent de préférence à certaines périodes de l'année et peuvent être en rapport avec les régimes. Nous avons vu aussi que des injections répétées d'extrait globulaire peuvent provoquer la présence de rickettsies dans l'exsudat ou celles-ci manquent ([3]). Nous insistons sur ce point puisque se sont les exsudats de la vaginale que nous avons employés pour l'inoculation de la Souris.

1. *Essais faits au dépens d'un exsudat vaginal léger, pauvre en rickettsies (évolution normale d'une souche de passage)*. — A partir de Cobayes présentant un exsudat vaginal léger et de très rares rickettsies, il a été possible à chaque essai d'obtenir l'infection pulmonaire sur la Souris et de la reproduire au cours de plusieurs passages. Cependant celle-ci, très peu marquée au départ (congestion avec quelques petits points d'hépatisation), s'accompagne de peu de signes cliniques. Aussi, le moment optimum où le passage doit être effectué est très difficile à définir et nous n'avons pu, au cours des passages successifs, provoquer une véritable culture.

2. *Essais faits aux dépens d'exsudat vaginal riche en rickettsies (évolution exceptionnelle d'une souche de passage)*. — Un exsudat vaginal riche en rickettsies prélevé le 6e jour chez un Cobaye de passage présentant une péri-orchite provoque, chez la Souris inoculée par voie nasale, une maladie sérieuse. Au 4e jour, ces animaux ont le poil hérissé, la respiration rapide, une température basse; sacrifiés, on constate des points d'hépatisation dans le poumon et quelques rickettsies sur les frottis. Au 2e passage, la Souris sacrifiée le 4e jour présentait déjà des poumons complètement hépatisés avec d'assez nombreuses rickettsies.

([2]) Paul Giroud, *C. R. Soc. Biol.*, 121, 1936, p. 714.

([3]) Paul Giroud, *C. R. Soc. Biol.*, 123, 1936, p. 368.

Au passage suivant les poumons des animaux examinés le 3e jour étaient très riches en ces mêmes éléments. Les autres passages ont donné depuis des résultats analogues.

Pouvoir pathogène pour le Cobaye. — Ce virus bien adapté au poumon de Souris, inoculé dans le péritoine du Cobaye, provoque une maladie très grave, sans incubation (une température de 41°, une péri-orchite très importante dès le 4e jour). Le 5e jour il y a un abondant exsudat vaginal avec présence de nombreuses rickettsies qui, repassées à la Souris par voie respiratoire, provoquent directement une très belle culture locale. Au cours des passages Cobaye-Cobaye la réaction scrotale disparaît et l'incubation de la maladie devient normale.

Dosage de la virulence. — Nous avons aussi dosé la virulence des poumons de ces Souris dans la peau du Lapin suivant notre technique habituelle. Elle est considérable, puisqu'elle produit une nécrose très importante et un nodule avec le 1/5000e de poumon inoculé dans la peau. La virulence est au moins égale à celle que nous avons constatée pour la souche de Paul Durand et Hélène Sparrow provenant du Pou et prise comme témoin.

Inoculation intra-trachéale au Lapin. — Enfin le Lapin, inoculé par voie trachéale avec le poumon de Souris, sacrifié le 6e jour, présente une augmentation du volume du poumon avec hépatisation complète. On peut y mettre en évidence des rickettsies intra-cellulaires.

3. *Essais faits au dépens d'exsudat augmenté artificiellement.* — On sait que chez le Cobaye de passage la présence d'abondantes rickettsies est assez rare, aussi avons-nous essayé de provoquer leur augmentation par des injections intrapéritonéales répétées d'extrait globulaire. La vaginale d'un Cobaye ainsi traité et sacrifié le 10e jour de l'inoculation, 2e jour de la fièvre, sert à inoculer des Souris. Dans les deux premiers passages, il y a des lésions pulmonaires discrètes, mais pas de rickettsies : elles apparaissent au 3e passage et à partir du 5e elles sont innombrables.

Conclusion. — Il est possible d'adapter directement au poumon de Souris un virus de typhus historique sans l'intermédiaire du Pou. Après un nombre variable de passages, suivant l'origine de la souche, l'adaptation est complète. La pullulation des rickettsies est intense lorsque le maximum de la maladie est obtenu vers les 3e ou 4e jour.

La virulence du poumon de Souris dosée dans la peau du Lapin est considérable. Ce poumon injecté dans le péritoine du Cobaye provoque une

maladie très grave, sans incubation, avec une grosse réaction scrotale et une grande quantité d'éléments.

Inoculé dans la trachée du Lapin il provoque une broncho-pneumonie typhique dont le maximum est au 5e, 6e jour, avec présence d'innombrables rickettsies ce qui peut permettre, étant donné le poids de ces poumons, d'obtenir une quantité très importante de produit virulent.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.

